John Carter Brown
Library
Brown University

The Gift of
The Associates of
The John Carter Brown Library

$65.00 2 vol. in 1
IG 1/95
426
2 ouvrages en 1 vol.

Bd Cutting - Coldens

Explication ... Cause de la Gravitation ...

Paris, 1751

ESSAIS

SUR LA CONSTRUCTION

ET COMPARAISON

DES THERMOMETRES,

Sur la communication de la chaleur, & sur les différens degrés de la chaleur des corps.

Traduit de l'Anglois, du Docteur Martine.

Dédié à l'Académie des belles Lettres, Sciences & Arts de Bordeaux,

Par le Traducteur.

A PARIS,

Chez { DURAND, rue S. Jacques, au Griffon.
PISSOT, Quay des Auguſtins, à la Sageſſe.

M. DCC. LI.

Avec Approbation & Privilége du Roi.

APPROBATION.

J'Ai lû par ordre de Monſeigneur le Chancelier un Manuſcrit, qui a pour titre, *Eſſais ſur la conſtruction & comparaiſon des Thermometres, &c.* cet Ouvrage m'a paru digne de l'impreſſion. A Paris le 3 Mars 1751.

FOUCHER.

PRIVILEGE DU ROY.

LOUIS, par la grace de Dieu, Roi de France & de Navarre : A nos Amés & Féaux Conſeillers, les Gens tenans nos Cours de Parlement, Maîtres des Requêtes ordinaires de notre Hôtel, Grand Conſeil, Prevôt de Paris, Baillifs, Sénéchaux, leurs Lieutenans Civils, & autres nos Juſticiers qu'il appartiendra, Salut. Notre Amé LAURENT DURAND, Libraire à Paris, Nous a fait expoſer qu'il déſireroit faire imprimer & donner au Public un Ouvrage qui a pour titre *Explication des premieres cauſes de l'action dans la matiere, & de la cauſe de la Gravitation.* S'il nous plaiſoit lui accorder nos Lettres de permiſſion pour ce néceſſaires. A CES CAUSES, voulant favo-

rablement traiter l'Exposant, Nous lui avons permis & permettons, par ces Présentes, de faire imprimer ledit Ouvrage, en un ou plusieurs volumes, & autant de fois que bon lui semblera, & de le vendre, faire vendre & débiter par tout notre Royaume, pendant le tems de trois années consécutives; à compter du jour de la date des Présentes. Faisons défenses à tous Imprimeurs, Libraires & autres personnes de quelque qualité & condition qu'elles soient, d'en introduire d'impression étrangere, dans aucun lieu de notre obéissance. A la charge que ces Présentes seront enregistrées tout au long sur le Registre de la Communauté des Imprimeurs & Libraires de Paris, dans trois mois de la date d'icelles; que l'impression dudit Ouvrage sera faite dans notre Royaume & non ailleurs, en bon papier & beaux caracteres, conformément à la feuille imprimée, attachée pour modele sous le contre-Scel des Présentes; que l'impétrant se conformera en tout aux Réglemens de la Librairie, & notamment à celui du 10 Avril 1725; qu'avant de l'exposer en vente, le Manuscrit qui aura servi de copie à l'impression dudit Ouvrage, sera remis dans le même état, où l'Approbation y aura été donnée, ès mains de notre très-cher & Féal Chevalier, Chancelier de France, le sieur de Lamoignon; & qu'il en sera ensuite remis deux Exemplaires dans notre Bibliotheque publique, un dans celle de notre Château du Louvre, un dans celle de notredit très-cher & féal Chevalier, Chan-

celier de France, le sieur de Lamoignon, & un dans celle de notre très-cher & féal Chevalier, Garde des Sceaux de France, le sieur de Machault, Commandeur de nos Ordres; le tout à peine de nullité des Présentes. Du contenu desquelles vous mandons & enjoignons de faire joüir ledit Exposant & ses ayans causes, pleinement & paisiblement, sans souffrir qu'il leur soit fait aucun trouble ou empêchement. Voulons qu'à la copie des Présentes, qui sera imprimée tout au long au commencement ou à la fin dudit Ouvrage; foi soit ajoûtée comme à l'original. Commandons au premier notre Huissier ou Sergent sur ce requis, de faire pour l'exécution d'icelles tous actes requis & nécessaires, sans demander autre permission, & nonobstant clameur de Haro, Charte Normande & Lettres à ce contraires; car tel est notre plaisir. DONNÉ à Versailles, le treizieme jour du mois d'Août, l'an de grace mil sept cens cinquante-un. Et de notre Regne le trente-sixiéme. Par le Roi en son Conseil.

SAINSON.

Regiſtré ſur le Regiſtre XII. de la Chambre Royale des Libraires & Imprimeurs de Paris, N°. 62. fol. 48. conformément aux anciens Réglemens, confirmés par celui du 23 Février 1723. A Paris, le 14 Décembre 1751.

LE GRAS, *Syndic.*

TABLE

Des Essais sur les Thermometres, contenus dans ce Volume.

ESSAI I. *Observations & réflexions sur la construction & graduation des Thermometres.* Page 1

ESSAI II. *Sur la comparaison des différens Thermometres.* 43

Remarque. *Sur la comparaison des Thermometres.* 58

ESSAI III. *Sur la maniere dont les corps s'échauffent & se réfroidissent.* 68

ESSAI IV. *Sur l'Histoire naturelle & expérimentale de la chaleur des corps.* 113

ESSAYS

ESSAYS
SUR LA CONSTRUCTION ET COMPARAISON DES THERMOMETRES,

Sur la communication de la chaleur, & sur les différens degrés de la chaleur des corps.

ESSAY I.

Observations & réflexions sur la construction & graduation des Thermometres.

1. ENTRE les inventions que l'on admire le plus, celle du Thermometre, cet ingénieux instrument qui nous fait juger de la chaleur des corps, ne sau-

roit être assez célébrée. Je n'entreprends point ici de décider à qui nous en sommes redevables, si c'est à Sanctorius, à Galilée, au P. Paul Sarpi, à Drebbel; car je trouve que chacun de ces Auteurs a eu des partisans qui lui en ont fait honneur (*a*). Le Thermometre fut d'abord,

(*a*) L'invention en est attribuée à Drebbel par ses Compatriotes Mrs Boerhaave, (*Chem. I.* p. 152, 156.) & Musschenbroeck, (*Tent. Acad. Cim. add.* p. 8. *Ess. de Phys. §.* 946.) Fulgenzio (*Vie du P. Paul*, p. 156.) prétend qu'elle est de son Maître le P. Paul Sarpi, ce grand oracle de la République de Venise; mais c'étoit alors une manie d'attribuer à ce Savant politique toutes les découvertes de son temps. Vincenzio Viviani (*Vit. de l'Galil.* p. 67. Voyez aussi *Oper. di galil. Pref.* p. 47.) regarde Galilée comme l'inventeur du Thermometre; mais on sait avec quelle passion il adoroit la mémoire de ce grand homme qui avoit été son Maître, (Voy. l'*Hist. de l'Acad. des Scien.* ann. 1703. *p.* 169. 175. 176. 180.) enfin toutes ces prétentions sont des hommages rendus à la mémoire de ces grands génies, par leurs plus zélés admirateurs; au lieu que Sanctorius se donne lui-même expressément pour l'inventeur du Thermometre, (*Com. in Galen. art. Med.* p. 736. 842. *Com. in avicen. Can. fen. I.* p. 22. 78. 215.) & Borelli (*de mot. animal.* II. prop. 175.) & Mal-

suivant le sort de toutes les inventions, un instrument fort imparfait & très-éloigné de remplir les différents objets auxquels il a été employé depuis: les premiers qui furent construits indiquoient grossièrement les variations de la chaleur par les différentes dilatations de l'air; on reconnut bien-tôt l'incertitude & les erreurs d'une pareille mesure, & que la bulle d'air n'étoit pas seulement affectée par la chaleur, mais encore par la pésanteur de l'Athmosphere. (*a*)

2. Les illustres membres de l'Académie del'Cimento, parmi tant d'autres travaux qu'encourageoit la protection de Ferdinand II. (*b*) Grand Duc de Toscane, firent de grandes corrections à cet instrument. Ils construisirent des Thermometres avec des liqueurs spiritueuses enfermées dans des tubes de verre scellés

pighi (*Oper. posth.* p. 30.) n'hésitent point à lui attribuer cette invention; témoignage que l'on ne doit point suspecter de la part de deux Académiciens de Florence, en faveur d'un homme de l'Ecole de Padoue.

(*a*) Boyle, Exp. on Cold. abr. I. *p.* 577, &c.
(*b*) Viviani, vit. de l'Galil. *p.* 67.

hermétiquement, & ils éviterent ainsi l'évaporation de la liqueur & l'influence du poids de l'Athmosphere. Cette construction fut introduite en Angleterre par M. Boyle (*a*), & se répandit dans les autres pays où l'on cultivoit les Sciences.

3. Cependant on ne retiroit pas encore des Thermometres tous les avantages qu'on pouvoit en attendre ; la plûpart étoient gradués sans aucune regle ; ceux de Florence étoient eux-mêmes construits sur un terme vague, savoir la chaleur excitée par la plus grande ardeur des rayons du Soleil dans ce pays-là ; enfin chacun en construisoit à sa façon, sans les régler sur aucun degré de chaleur connu & invariable ; ensorte qu'il étoit impossible de comparer avec quelque degré de certitude & de justesse, soit les Thermometres entr'eux, soit les expériences faites par différentes personnes, & dans des lieux différens. Ainsi, nonobstant un grand nombre d'observations qui furent publiées dès ce temps-là, nous ne pouvons rien déterminer sur les chaleurs re-

(*a*) Exp. on cold. abr. *p.* 582.

latives des différens climats où elles ont été faites, non plus que sur les autres resultats de ces observations.

4. Ces inconvéniens ne pouvoient être levés que par une convention faite entre les Physiciens de se servir d'une même graduation, ou par la détermination d'un degré de chaleur invariable auquel les différentes graduations pussent être rapportées.

5. L'illustre M. Boyle (*a*) avoit senti l'imperfection des Thermometres, & la nécessité d'une mesure plus exacte, afin de pouvoir communiquer l'idée d'un degré de chaleur. La grande variété des Thermometres faisoit alors regarder comme une chose presqu'impossible, d'établir par cette voye une mesure de la chaleur, semblable à celles que nous avons du temps, de l'espace, de la pésanteur, &c. on n'avoit pas même imaginé de moyen pour comparer des observations faites avec deux Thermometres différens. Comme les corps sont différemment affectés par les différens degrés de chaleur, & qu'ils subis-

(*a*) Exp. on Cold. abr. I. *p.* 579.

ſent tel & tel changementpar l'application de tel & tel degré de chaleur : on voit que pour établir une conſtruction fixe des Thermometres, le premier pas étoit de trouver un de ces changemens qui fût remarquable, & qui fût produit par un degré de chaleur fixe. M. Boyle propoſa dans cette vûe l'huile d'anis figée, comme un degré de chaleur propre à régler cette conſtruction & comme un terme de la graduation. Il fit auſſi mention du degré de froid qui congelle l'eau diſtillée comme d'un autre terme fixe, dont on pourroit ſe ſervir ; car pour les eaux ordinaires, il étoit perſuadé que les unes ſe congelloient plus facilement que les autres ; mais les objections qu'il appréhenda qu'on ne lui fît ſur cette méthode l'empêcherent de porter plus loin ſes ſpéculations. C'eſt grand dommage qu'un homme de ce genie & de cette dextérité, & qui d'ailleurs avoit de ſi grandes commodités n'ait pas pouſſé plus avant des recherches qui étoient ſi importantes pour l'Hiſtoire & la Philoſophie de la nature.

L'ingénieux Halley (*a*) fut également

(*a*) Phil. Tranſ. abr. II. *p.* 36.

choqué des défauts du Thermometre, & il ſouhaita qu'on y fît les corrections néceſſaires. Il rejetta, ainſi que M. Boyle, le point de la congellation de l'eau, comme étant compris, ſelon lui, entre des limites trop étendues, & il recommanda par préférence le dégré de température telle qu'eſt celle des lieux creuſés ſous terre, où l'on avoit remarqué que la chaleur de l'Été & le froid de l'Hyver ne produiſoient aucune ſorte d'altération. M. Boyle (*a*) fit cette obſervation dans une caverne ſur le bord de la mer, enfoncée de 80 pieds, & au fond de laquelle on avoit creuſé juſqu'à la profondeur de 130 pieds; il trouva que le Thermometre y étoit au même point en Été & en Hyver. Mrs de Mariotte de la Hire & Maraldi nous aſſurent auſſi que la température des caves de l'Obſervatoire de Paris, n'eſt aucunement altérée, ni par les plus grandes chaleurs, ni par les plus grands froids de ce climat.

Mais, quoiqu'en diſe M. Halley, ce dégré de température ne me paroît point

(*a*) Mem. Hiſt. of the air, abr. III. *p.* 54.

du tout propre à ſervir de terme pour la conſtruction univerſelle des Thermometres. Tout le monde n'eſt pas à portée d'aller à la caverne de M. Boyle, ou aux caves de l'Obſervatoire, & il n'eſt pas bien ſûr que dans les autres lieux ce point de température ſoit préciſément le même, & qu'il n'y ait point des variétés à raiſon de la différence des climats, & de la différente profondeur des caves.

7. Un autre terme propoſé par M. Halley (*a*) pour la graduation univerſelle des Thermometres, eſt le degré de chaleur de l'eſprit de vin bouillant; il faut ſeulement, dit-il, obſerver que l'eſprit de vin ſoit parfaitement rectifié, ſans quoi il contracte une plus grande ou une moindre chaleur dans l'ébulition, ſuivant le degré de rectification. De plus, ajoûte M. Halley, cette liqueur eſt très-ſuſceptible d'évaporation, & elle perd inſenſiblement ſa vertu & une grande partie de ſon expanſibilité. Mais cette derniere objection, quoique pluſieurs l'ayent faite encore après M. Halley, & que commu-

(*a*) Phil. tranſ. abr. II. *p.* 35.

nément on y insiste assez, ne me paroît pas bien fondée ; l'esprit de vin bien rectifié ne souffre presque point d'altération dans un tube exactement scellé, il ne peut point s'évaporer, & une expérience de plusieurs années n'a fait appercevoir aucun changement dans son expansibilité, comme on le peut voir entr'autres par les observations qui ont été faites sur le Thermometre d'esprit de vin de M. de la Hire, que l'on a gardé à l'Observatoire pendant pls de 60 ans.

8. Mais un terme encore plus convenable, quoique M. Halley n'y insiste pas autant, c'est le degré de chaleur de l'eau bouillante. Cet ingénieux Physicien trouva (*a*) que ce degré étoit fixe, & que la chaleur de l'eau n'étoit point augmentée par une longue ébulition une fois qu'elle étoit parvenue à ce point. Aussi M. Newton & M. Amontons ont-ils choisi ce terme, avec raison, pour la graduation de leurs Thermometres, en quoi ils ont été suivis par tous ceux qui sont venus après eux.

(*a*) Phil transf. abr. II. *p.*34. *Voy.* aussi les Mem. de l'Ac. des Sc, ann. 1699.*p.*156.an.1702.*p.*210.

9. Quoique je n'aye presque pas remarqué de différence sensible dans l'ébulition de plusieurs sortes d'eaux qui différoient de poids, de salure, de transparence, &c. ensorte que l'objection que fait M. Taglini (*a*) à ce sujet, ne me paroît d'aucune force; cependant le degré de chaleur de l'eau bouillante n'est pas dans tous les temps & dans tous les lieux, aussi invariable qu'on pourroit d'abord le conclure, des observations de M. Halley & de M. Amontons. La fixité ou volatilité de l'eau ne dépend pas seulement de la cohésion mutuelle des parties; mais encore de la pression de l'Atmosphere; par exemple, (*b*) dans un récipient dont on a pompé l'air, les particules de l'eau, ou de toute autre liqueur placée dans ce récipient, se trouvant délivrées de la plus grande partie du poids ordinaire qui les presse l'une vers l'autre, il ne faut point pour les faire bouillir une aussi grande chaleur qu'en plein air. C'est conformé-

(*a*) *Voyez* les Mém. de l'Acad. des Sciences. ann. 1714. *p.* 714.

(*b*) *Voyez* Boyle. *Physico Mech.* Exp. abr. II. *p.* 473. 474. Newton. Opt. *p.* 318.

ment à ce principe que Fahrenheit (*a*) a observé que le degré de chaleur de l'eau bouillante, varioit suivant la pésanteur de l'Atmosphere, ou l'élévation du mercure dans le Barometre; véritablement la différence n'est pas fort grande dans l'étendue des variations ordinaires du Barometre (*b*). D'ailleurs on peut éviter facilement les erreurs qui pourroient naître de ces différences, en prenant le degré de chaleur de l'eau bouillante, ou de toute autre liqueur, dans un lieu au niveau de la mer, & dans le temps de la hauteur moyenne du Barometre, c'est-à-dire, lorsque le mercure est à 30 pouces d'élévation, ou tant soit peu au-dessous.

(*a*) Phil. Transf. abr. VI. 2. *p.* 18. Boerhaave Chem. I. *p.* 171.

(*b*) M. Boerhaave fait cette différence plus grande qu'elle n'est en effet; il prétend (Chem. I. *p* 171.) qu'une variation de 3 pouces dans la hauteur du Barometre, occasionne une différence de 8 à 9 degrés dans la chaleur de l'eau bouillante. Je ne trouve point que cela soit aussi considérable, & suivant les expériences que j'ai faites, une variation d'un pouce dans la hauteur du Barometre ne produit pas une différence de 2 degrés.

10. Le Thermometre universel de M. Amontons (*a*) est principalement fondé sur la supposition que le degré de chaleur de l'eau bouillante est invariable. Ce Thermometre est imaginé avec esprit, mais il ne pouvoit jamais être d'un usage universel, ni répondre aux vûes de son Inventeur. Premierement, la construction en est difficile & compliquée, & le volume trop grand pour être transporté commodément. D'ailleurs, comme il est réglé sur la moyenne température de l'air telle qu'elle est à Paris dans le Printemps, & dans l'Automne, on n'auroit sû à quoi s'en tenir dans les autres climats, outre que cette température est en elle-même quelque chose de fort indéterminé. Enfin M. Amontons suppose que la quantité dont l'air est dilaté par la chaleur de l'eau bouillante de plus que par la température moyenne, est le tiers du volume qu'il occupe à cette température. Or, la dilatation de l'air n'est pas toujours aussi régulierement proportionnelle à sa chaleur, ni la dilatation produite par une chaleur

(*a*) Mem. de l'Acad. des Scienc. ann. 1702. *p.* 204. &c.

donnée toujours auſſi uniforme qu'il le ſuppoſe, & il n'eſt pas douteux que ces effets varient ſuivant l'humidité de l'air. Ainſi un air ſec (*a*) ne ſera pas autant dilaté par une chaleur donnée, que le ſera un air imprégné de particules aqueuſes, & dont le volume ſera augmenté par les vapeurs. Il ne faut donc pas s'étonner qu'une conſtruction ſujette à tant d'inconvéniens (*b*) n'ait jamais été univerſellement adoptée.

11. Cependant le degré de chaleur de l'eau bouillante étant une fois reconnu comme fixe, on peut en déduire une méthode générale pour conſtruire tous les Thermometres de la même maniere; de ſorte qu'ils ſeront correſpondants les uns aux autres dans tous les degrés de chaleur. Pour cela, il n'y a qu'à graduer les Thermometres de telle ſorte que les diviſions expriment la quantité de l'expanſion du fluide, relativement à l'expanſion

(*a*) *Voyez* l'Hiſt. de l'Acad. des Scien. ann. 1708. *p.* 15. Mem. *p.* 370. Muſſchenbr. Tent. exp. Acad. Cim. add. *p.* 40. Eſſ. de Phyſ. §. 1402.

(*b*) *Voyez* M. de Reaumur, Mem. de l'Acad. des Scien. ann. 1730. *p.* 654.

produite par la chaleur de l'eau bouillante. Par exemple, supposé que le volume du fluide exposé à la chaleur de l'eau bouillante soit composé de 10000 parties, on marquera sur le tube 1, 2, 3, 4, 5, &c. par cette seule opération, qui peut se faire en tout temps; on aura des Thermometres correspondans, quoique faits par différentes personnes & en divers lieux. C'est-là ce qu'avoit proposé depuis long-temps M. Boyle (*a*).

12. Cette Méthode paroît d'abord très-plausible, & quelques Physiciens l'ont mise en usage, ainsi que nous aurons occasion de le dire. Cependant dans la pratique, il n'est pas si aisé de déterminer les divisions qui doivent répondre aux expansions du fluide, sans compter un autre inconvénient dont nous parlerons bien-tôt. Il sera donc plus à propos, & d'une pratique plus aisée, de déterminer au moins deux degrés de chaleur fixes à une distance considérable l'un de l'autre, & de diviser en un certain nombre de parties égales, ou degrés, l'espace com-

(*a*) Exp. on Cold, abr. I. *p.* 579.

pris entre les deux divisions qui marquent les expansions produites par ces deux degrés de chaleur. Nous avons vû que la chaleur de l'eau bouillante prise dans les circonstances & avec les précautions que nous avons dites, étoit un terme assez fixe; maintenant si la chaleur de l'eau qui commence à se glacer est aussi invariable, nous aurons un second terme fixe & un moyen très-simple pour parvenir à notre but.

13. J'ai dit que M. Halley (*a*) croyoit que la congellation n'étoit pas fixée à un point déterminé, & qu'elle avoit une certaine étendue; d'autres Physiciens ont été persuadés que l'eau se congeloit à différents degrés de chaleur dans les différens climats & dans les différentes saisons. Une observation du Docteur Cyrilli (*b*) semble confirmer cette opinion, il trouva qu'à Naples le point de la congellation de l'eau pris sur un Thermometre construit en Angleterre, suivant les principes de la Société Royale

(*a*) Phil. Transf. abr. *p.* 36.
(*b*) Phil. Transf. N. 424. *p.* 336. N. 430. *p.* 189. N. 434. *p.* 407. 408. N. 435. *p.* 464.

étoit 10 degrés plus haut qu'il n'étoit marqué à ce Thermometre. Le P. Martini (*a*) après avoir rapporté que dans la Province de Pekin à la Chine, il fait des gelées excessives, eu égard à la latitude de ce climat qui est de 42 degrés, les rivieres étant souvent prises quatre mois de suite, ajoûte que les Européens, qui se trouvent dans ce pays-là, ne sont point sensibles à ce froid, & qu'ils sont persuadés que le même degré ne sauroit glacer l'eau en Europe. Il semble que l'on puisse conclure de tout cela, avec le Docteur Derham (*b*), M. Musschenbroek (*c*) & d'autres, que plus on approche du Nord plus le froid doit être grand pour congeler l'eau, & ce qui pourroit encore fortifier cette conjecture, c'est que j'ai trouvé que quelques-uns des Thermometres de mercure, qui se construisent à Amsterdam, & où le point de la congellation est marqué au degré 32, descendoient ici

(*a*) Atlas Sinens. *p.* 27. *Voyez* aussi Boyle, Exp. on Cold. abr. I. *p.* 577. M. de Reaumur, Mem. de l'Acad. des Scien. ann. 1734. *p.* 233.

(*b*) Phil. Trans. abr. I *p.* 577.

(*c*) Eff. de Phys. §. 913.

ici (*a*) d'un ou deux degrés plus bas, en les plongeant dans de la neige, ou dans de la glace pilée, qui commençoient à se fondre.

14. Mais je suis convaincu que ces différences apparentes doivent être uniquement attribuées ou à la négligence des Observateurs, ou aux défauts des instrumens. Le Docteur Cyrilli auroit-il fait ses observations, sans exposer son Thermometre à l'air extérieur, comme il n'est que trop ordinaire à la plûpart de ceux qui construisent des Tables Météorologiques? Pour me satisfaire sur ce point, & savoir si en effet le point de la congellation varioit dans les différens climats, je construisis ici sous la Latitude de 56 degrés 20 minutes, deux Thermometres de mercure, & je priai un de mes amis d'en construire d'autres à Londres, qui est sous la Latitude de 51 degrés 32 minutes; nous prîmes l'un & l'autre le point de la congellation, les Thermometres étant entourés de neige, ou de glace fondantes, & après avoir fait

(*a*) A Edimbourg.

un échange de nos Thermometres, nous prîmes derechef, l'un sur les Thermometres de l'autre, le point de la congellation, pareillement dans de la neige, ou de la glace fondantes, & nous ne trouvâmes aucune différence sensible entre les deux observations (*a*). S'il devoit y avoir quelques changemens à raison des climats, une différence de Latitude de près de 5 degrés, ne les auroit-elle pas rendus sensibles ? Or, le mercure se tient au même point, toutes les fois qu'on plonge ainsi le Thermometre dans de la neige, ou de la glace fondantes, soit qu'on le fasse en Été, ou en Hiver, dans un temps chaud, ou dans un temps froid, & sous un poids quelconque de l'Atmosphere. D'où je conclus que le point de la congellation est un degré de chaleur constant, & mê-

(*a*) Depuis ces expériences, j'en ai fait d'autres à Londres, à Paris, sous la Latitude de 48 degrés 50 minutes, & à Dijon sous la Latitude de 47 degrés 20 minutes, & j'ai trouvé que le point de la congellation étoit par tout le même; ensorte que je puis maintenant assurer avec plus de confiance, que ce terme est absolument fixe.

me plus fixe que le degré de l'eau bouillante, par conſéquent très-propre à ſervir de terme pour la conſtruction de nos Thermometres.

15. La fixité du point de la congellation me paroît ſuffiſamment établie par ces obſervations, malgré tout ce que M. Taglini peut avoir dit de contraire, & ce que M. de Reaumur a trouvé à propos de lui accorder à ce ſujet, & nonobſtant les obſervations rapportées par M. Muſſchenbroek, qui tâche de prouver que le point de la congellation varie, ſuivant que l'air fournit plus ou moins de parties ſalines à l'eau. On pourroit tout au plus conclure des raiſons ſur leſquelles ces Auteurs ſe fondent, qu'il y a quelques lieux & quelques circonſtances où l'eau ſe congelle plus ou moins facilement, quoique dans l'état naturel, & autant que l'on peut en juger, le degré de froid qui produit la congellation, ſoit toujours le même.

16. La chaleur de l'eau qui commence à ſe glacer, ou, ce qui eſt la même choſe, la chaleur de la glace qui commence à ſe fondre, eſt un terme ſi conve-

venable, si remarquable, & en même-temps si facile à déterminer par la simple immersion de la bouteille du Thermometre, qu'il est étonnant que si peu de Physiciens en ayent fait usage dans la graduation de leurs Thermometres, qui auroient pû alors facilement être comparés les uns avec les autres. On ne sait où prendre ce terme sur le Thermometre de Florence, non plus que sur les Thermometres François, même sur celui de M. de la Hire, dont on s'est servi pendant si long-temps à l'Observatoire, pour construere des Tables Météologiques, & avec lequel on n'a pas laissé, malgré cela, que de comparer quelquefois d'autres observations. Enfin, de toutes les observations qui se trouvent, soit dans les Mémoires de l'Académie de Paris, soit dans les Transactions Philosophiques, la plûpart ont été faites avec des Thermometres si mal construits, que l'on n'y trouve aucun degré de chaleur fixe, ou si quelques-uns marquent le point de la congellation, comme ce point a été le plus souvent mal déterminé, & qu'ils ne marquent point d'autre degré de chaleur invariable, les

obſervations auxquelles ils ont été employés, n'en ſont pas moins incertaines.

17. La détermination des degrés de la chaleur fut regardée par M. Newton, comme un objet digne de ſon attention; & comme ce grand génie a porté toutes les autres choſes qu'il a traitées beaucoup plus loin que ceux qui l'ont précédé, il nous a auſſi laiſſé (*a*) une Méthode pour conſtruire les Thermometres d'une maniere beaucoup plus préciſe que l'on n'avoit fait avant lui. Nous avons déja (*b*) dit qu'il étoit néceſſaire, ou du moins plus commode de déterminer deux points fixes, afin de réduire les différens degrés de chaleur à une échelle intelligible. Nous avons pareillement établi (*c*) que le point de la congellation & celui de l'eau bouillante, étoient les plus convenables pour cet effet: ce ſont auſſi ces deux points que M. Newton a choiſi. Pour ce qui eſt de la liqueur, il s'eſt ſervi de l'huile de lin, ayant reconnu que cette ſubſtance étoit aſſez homogene, qu'elle

(*a*) Phil. Tranſ. abr. IV. 2. *p.* 1, &c.
(*b*) §. 12.
(*c*) §. 8, 14.

étoit capable d'une expansion considérable, & qu'elle supportoit un grand froid avant de se glacer, & une grande chaleur avant de bouillir. Il suppose que la bouteille du Thermometre étant plongée dans de la neige fondante, le volume de l'huile est de 10000 parties, il trouve que ce volume est augmenté de $\frac{1}{35}$ par la chaleur du corps humain, & qu'il est alors de 10256 parties, qu'à la chaleur de l'eau bouillante ce même volume est de 10725 parties, & à la chaleur de l'étain fondant de 11516 parties; il n'a point été au-delà de ce dernier degré. Il regarde le point de la congellation comme le terme entre la chaleur & le froid, & il marque zéro à ce point, au degré de la chaleur humaine il marque 12, au degré de l'eau bouillante $34 = \frac{725 \times 12}{256}$ & au degré de l'étain fondant 71.

18. Il seroit à souhaiter que l'on eût deslors adopté cette construction, ou quelqu'autre semblable. Mais il y a apparence que l'on y a trouvé quelques inconvéniens; & sans parler de quelques petites erreurs qui sont dans les nombres,

& de quelques obſervations, à la vérité, peu importantes, qui ne ſont pas des plus exactes, on pourroit objecter (*a*) que M. Newton s'exprime comme ſi le point de la congellation de l'eau étoit le moindre degré de chaleur poſſible, quoique nous éprouvions ſouvent, ainſi que nous aurons occaſion de le faire voir, un froid beaucoup plus conſidérable. Il ſeroit donc à propos d'étendre la graduation au-deſſous de zéro, ou du point de la congellation, afin que l'on pût obſerver les plus grands froids ſur ce Thermometre tout comme ſur les autres.

Il y a encore un autre inconvénient inſéparable de tous les Thermometres d'huile, ou d'autres liqueurs viſqueuſes, c'eſt l'adhérence de la liqueur aux parois du tube. Lorſqu'il arrive des changemens prompts, par exemple, un froid ſubit, tandis qu'une partie de l'huile deſcend dans le tube, une autre partie demeure attachée aux parois & ne tombe qu'inſenſiblement, de ſorte que le Thermometre indique d'abord un degré de

(*a*) *Voyez* M. Amontons. Mem. de l'Acad. des Scien. ann. 1703. *p.* 233.

froid plus grand qu'il n'eſt en effet ; & comme l'huile devient plus ou moins viſqueuſe a des degrés de chaleur différens, il arrive que cette adhérence eſt tantôt plus grande & tantôt moindre, ce qui empêche l'uniformité & la régularité du mouvement de la liqueur.

19. Les Thermometres de Florence qui étoient faits avec l'eſprit de vin, n'étoient point auſſi ſujets aux erreurs que nous venons de faire obſerver. L'eſprit de vin mouille à la vérité les parois du tube ; mais comme cette liqueur eſt très-ſubtile, il eſt vrai-ſemblable que l'adhérence eſt légere & aſſez uniforme, & qu'elle ne produit d'autre effet, ſinon de rendre le tube un peu plus étroit : auſſi l'eſprit de vin a-t-il été plus ſouvent employé pour la conſtruction des Thermometres que les autres liqueurs ; d'autant mieux qu'il eſt d'ailleurs très-mobile, qu'il rend ſenſibles les moindres impreſſions de la chaleur & du froid, & que la chaleur n'y excite pas facilement des bulles d'air, comme il arrive dans les liqueurs aqueuſes. Mais ces Thermometres, ainſi que nous l'avons dit plus

haut (*a*), avoient toujours été conſtruits d'une maniere vague. Enfin, M. de Reaumur (*b*) les a réduits à une conſtruction fixe & générale, que l'on peut ſuivre dans tous les temps & dans tous les lieux, & qui établit une correſpondance univerſelle entre toutes les obſervations faites avec ces inſtrumens. Il marque d'abord le point d'une congellation produite par un mêlange artificiel, & il meſure enſuite, ſelon les principes de M. Newton, la quantité dont l'eſprit de vin ſe dilate depuis ce terme juſqu'au point où il eſt bouillant; il ſuppoſe que le volume de l'eſprit de vin, au point de la congellation de l'eau, eſt de 1000 parties, & il détermine de combien de ces parties la liqueur eſt dilatée, lorſqu'elle eſt bouillante, de plus qu'au point de la congellation. La quantité de cette dilatation varie ſuivant que la liqueur eſt plus ou moins rectifiée; dans un eſprit de vin ordinaire, elle eſt de $87\frac{1}{2}$ parties (*c*),

(*a*) §. 3. 4. 16.
(*b*) Mem. de l'Acad. des Scien, ann. 1730. p. 645.
(*c*) *Ibid.* p. 690.

& dans un mêlange de parties égales d'esprit de vin & d'eau, qui est à peu près l'état de l'eau-de-vie, cette dilatation est seulement de $62\frac{1}{2}$ parties (*a*). M. de Reaumur dit, que dans un esprit de vin très-rectifié, il trouva cette dilatation de 90 parties (*b*); mais le plus convenable, selon lui, est celui dont la dilatation est de 80 parties (*c*).

20. Cette imitation du Thermometre de M. Newton, paroît d'abord devoir établir l'uniformité dans la construction de ces instrumens; il y en a actuellement un pareil à l'Observatoire, construit par M. de Reaumur même, avec lequel on observe les variations de la chaleur, & l'on en a envoyé plusieurs jusques dans les pays les plus éloignés, afin de comparer ensemble la chaleur des différens climats, projet qui avoit été conçû dès le temps du grand Colbert (*d*), mais qui n'avoit point été jusqu'à pré-

(*a*) *Ibid.* p. 692.
(*b*) *Ibid.* ann. 1734. *p.* 261.
(*c*) *Ibid* ann. 1730. *p.* 695. 698.
(*d*) *Voyez* les Mem. de l'Acad. des Sciences. ann. 1702. *p.* 290.

sent exécuté d'une maniere satisfaisante. On a fait avec ce même Thermometre des observations sous la Zone-torride, & les Académiciens François l'avoient dans le voyage qu'ils ont fait dans le Nord, pour déterminer la figure de la Terre. Cependant il y a lieu de douter que ce Thermometre ait toute l'exactitude que l'on pourroit souhaiter; premierement, M. de Reaumur (*a*) prend le point de la congellation de l'eau avec une sorte de glace produite artificiellement, & non point avec de la neige ou de la glace ordinaire; ensuite, comme il se sert d'un tube dont le globe a 3 ou 4 pouces de diametre (*b*), je croirois qu'avant que la juste température de la glace ait été communiquée à toutes les parties de la liqueur, cette glace vient à la perdre elle-même, & qu'ainsi le point de la congellation est marqué plus haut qu'il ne doit être (*c*);

(*a*) *Ib.* ann. 1730. *p.* 655. 656. 680. 681. 712.
(*b*) *Ibid.* p. 660. 710.
(*c*) En comparant quelques observations, j'ai trouvé que le point de la congellation de M. de Reaumur, au lieu de répondre au degré 32 de Fahrenheit, comme il devoit arriver, ne répondoit qu'au degré 34, ou même un peu au-dessus.

& en effet, M. de Reaumur (*a*) dit lui-même qu'il faut un quart d'heure pour communiquer à l'esprit de vin la température de la glace environnante; mais autant que je puis en juger par mes propres expériences, & j'en ai fait plusieurs à ce sujet, il faudroit des heures entieres pour pénétrer une pareille masse de liqueur, & en réduire toutes les parties à la température requise. C'est pourquoi les Thermometres qui ont la boule fort grande, ne me paroissent point propres aux observations; il est aisé de s'en convaincre en comparant celles qui ont été faites en même temps à l'Observatoire sur le Thermometre de M. de la Hire & sur celui de M. de Reaumur; on verra que souvent elles ne s'accordent pas, ce qu'il faut attribuer à la différente capacité des boules (*b*). Il n'est pas possible qu'une grande masse de liquide soit affectée assez promptement par les variations de

(*a*) *Ibid.* p. 711.

(*b*) La boule du Thermometre de M. de Reaumur étoit de $3\frac{2}{3}$ pouces, & celle du Thermometre de M. de la Hire n'étoit que de 2 pouces.

la chaleur, pour rendre sensibles les changemens qui ne sont que momentanés, ou pour faire observer la véritable quantité de ceux qui sont un peu plus durables. Ainsi les meilleurs Thermometres, quoique M. de Reaumur prétende le contraire (*a*), sont ceux qui ont le tube & la bouteille petite. J'en ai fait dont les tubes étoient capillaires, & qui s'accordoient les uns avec les autres dans toute l'exactitude que l'on peut attendre de ces sortes d'instrumens.

21. Si le terme de la congellation n'est point exact dans les Thermometres de M. de Reaumur, celui de l'eau bouillante me le paroît encore moins. En effet, si un Thermometre d'eau qui seroit plongé dans de l'étain fondu ne sauroit acquérir une chaleur au-dessus de celle de l'eau bouillante, quelque grande que parût l'agitation de l'eau, bien-loin de parvenir à celle de l'étain fondu; de même aussi un Thermometre d'esprit de vin plongé dans de l'eau bouillante,

(*a*) Mem. de l'Acad. des Scien. ann. 1730. p. 650. 656. 659.

ne ſauroit atteindre à la chaleur de cette eau, quelque violente que ſoit ſon ébullition. Ainſi M. de Reaumur attribue à ſes Thermométres une chaleur dont ils ne ſont pas ſuſceptibles; & la différence n'eſt pas de peu de conſéquence, car j'ai trouvé que la plus grande chaleur d'un eſprit de vin bien rectifié, ne paſſoit pas le 175me degré du Thermometre de Fahrenheit dans lequel le mercure eſt porté 37 degrés plus haut par la chaleur de l'eau bouillante, & que l'eau-de-vie ordinaire alloit tout au plus au 190me degré du même Thermometre. Tant s'en faut que toutes ſortes de liqueurs ſpiritueuſes plongées dans de l'eau bouillante, acquierent, comme le penſe M. de Reaumur, la même chaleur, ou une chaleur égale à celle de l'eau environnante. Ainſi, à ſuppoſer que la plus grande chaleur du Thermometre de M. de Reaumur, ſoit le 180me degré du Thermometre de Fahrenheit l'erreur ſera de 32 degrés.

22. Mais quand bien même les Thermometres d'eſprit de vin auroient toute la perfection qu'on peut leur donner,

l'étendue de leur dilatation eſt trop bornée pour en faire une meſure univerſelle. De toutes les liqueurs, l'eſprit de vin eſt celle qui parvient le plutôt à l'ébullition, & quoiqu'il reſte fluide à un degré de froid aſſez grand, je crois pouvoir conclure de quelques expériences, que le progrès de ſa condenſation n'eſt pas régulier, & l'on ſait que pendant le ſéjour que les Académiciens François firent à Torneao près du cercle polaire, le grand froid fit glacer l'eſprit de vin de leurs Thermometres (*a*).

23. Quel ſera donc le fluide propre à la conſtruction que nous voudrions établir ? Nous avons déja rejetté l'air, l'huile, les liqueurs ſpiritueuſes, & à plus forte raiſon l'eau ; il ne reſte plus que le vif-argent. Ce fluide eſt d'une très-grande mobilité, il s'échauffe & ſe réfroidit plus promptement qu'aucune liqueur connue ; (je puis l'aſſurer à l'égard de l'eau, de l'huile & même de l'eſprit vin) il ne ſe congelle point au froid le

(*a*) *Voyez* M. de Maupertuis, Figure de la Terre. *p.* 58.

plus violent qui ait été obſervé juſqu'à préſent, il ſupporte une très-grande chaleur avant de parvenir à l'ébullition, & lorſqu'il eſt bien purifié, il ne s'attache aucunement au verre. M. Halley (*a*) ne connoiſſant que quelques-unes de ces propriétés, avoit penſé que le vif-argent ſeroit très-propre à la conſtruction des Thermometres, s'il étoit d'une plus grande expanſibilité; mais cette difficulté, que l'on pourroit faire encore, peut facilement ſe lever, en donnant à la boule un peu plus de capacité par rapport au tube. C'eſt donc avec raiſon qu'on ſe ſert à préſent des Thermometres de mercure, & qu'on les regarde comme les plus exacts. Olaus Roemer (*b*) paſſe pour être le premier qui ait travaillé à les perfectionner, & depuis, M. Fahrenheit & d'autres Artiſtes, en ont fait pluſieurs, qui, par leur forme, peuvent aiſément ſe tranſporter & ſervir à pluſieurs uſages; on les envoye de la Hollande dans toute ſorte de pays. Ils ont

(*a*) Phil. Tranſ. abr. II. *p.* 34.
(*b*) *Voyez* Boerhaave. Chem. I. *p.* 720.

ont été imités en plusieurs autres endroits, & actuellement il ne s'en fait pas de plus parfaits & de plus exacts que ceux de M. Wilson à Londres.

24. Comme la graduation de Roemer ou de Fahrenheit, est assez commode; il seroit à souhaiter qu'elle fût universellement adoptée, afin d'établir l'uniformité dans les observations. De cette façon, tous les Physiciens qui rapporteroient des expériences sur la chaleur parleroient la même langue, & seroient généralement entendus.

Le vif-argent contenu dans la boule de ce Thermometre est conçû, divisé en 11124 parties, ainsi que nous l'apprennent Mr Boerhaave (*a*) & Musschenbroeck (*b*), & le degré le plus bas marqué 0 est le point où descend le mercure dans un froid très-violent, produit artificiellement par un mêlange (*c*), de sel ammoniac, ou de sel marin, & de neige

(*a*) Chem. I. *p.* 174.
(*b*) Eff. de Phys. §. 948.
(*c*) Fahrenh. Trans. Phil. abr. VI. 2. *p.* 52. Musschenbr. Diss. Phys. *p.* 680. Eff. Phys. §. 948.

ou de glace pilée, dont on entoure la boule.

La même boule étant plongée dans de la neige, ou de la glace fondante, la quantité dont le mercure se dilate est de 32 des parties, dont la boule en contient 11124, & l'on divise l'espace compris entre le point où s'arrête le mercure & entre le degré 0 en 32 parties égales ou degrés (*a*).

Le Thermometre étant ensuite plongé dans de l'eau bouillante, & le poids de l'athmosphere étant au point requis (*b*), la dilatation du mercure est de 212 des mêmes parties, & l'on divise l'espace compris entre le point où il est arrêté & le degré 32, en 180 parties égales ou degrés (*c*). Si le tube est assez long, on continue la graduation, suivant cette proportion, jusqu'au degré 600, qui est le point de dilatation auquel le mercure commence à bouillir.

25. M. Boerhaave n'est point d'ac-

(*a*) Frahrenh. Phil. Transf. abr. VI. 2. *p.* 52.
(*b*) §. 9.
(*c*) Fahrenh. Phil. Transf. abr. VI. 2. *p.* 18.

cord avec lui-même, sur le nombre des parties dans lesquelles on suppose que le mercure de la boule est divisé; il dit dans un autre endroit (*a*), que celui qui a été déja cité, que le nombre de ces parties est seulement de 10782, & ensuite (*b*) il le met, & je crois que c'est avec plus de fondement, à 11520; quoique dans toutes ces supputations il suppose un même degré de chaleur donné, produisant une dilatation d'un même nombre de parties. Je n'ai point vérifié laquelle de ces suppositions est la plus exacte, il n'est pas même nécessaire de s'en embarrasser; & sans tout cet appareil, il suffit de remplir de mercure la boule & une petite portion du tube jusques à une hauteur telle que, la boule étant plongée dans de la neige ou de la glace fondante, il reste au-dessous du point où se tient le mercure, & que l'on marquera 32, assez d'espace pour remplir les divisions jusqu'à 0. Ensuite on plongera la boule dans l'eau bouillante;

(*a*) Chem. I. *p.* 165.
(*b*) *Ibid.* Explic. de la Fig. 3me de la Planche V.

on marquera 212 au point où le mercure s'arrêtera, on divisera l'espace compris entre les divisions 212 & 32 en 180 parties ou degrés, & l'on continuera la graduation dans cette proportion. Ce moyen me paroît le plus aisé & le plus sûr, & c'est celui dont je me suis toujours servi dans la pratique, fondé sur ce que nous avons déja établi, que les deux points fixes & invariables, pour la construction des Thermometres, sont le terme de la glace & celui de l'eau bouillante.

26. Nous avons supposé jusqu'ici que le tube du Thermometre étoit parfaitement cylindrique, ce qui est presqu'impossible, ces sortes d'instrumens ayant toujours quelques inégalités; mais on peut aisément remédier aux erreurs qui pourroient en naître; il n'y a qu'à introduire dans le tube un petit cylindre de mercure, lui faire parcourir successivement toute l'étendue du tube, & marquer en même-tems les limites qui le comprennent. On aura, par ce moyen, des divisions égales, & l'on pourra réduire la graduation à toute l'exactitude possible.

27. Cette façon de concevoir le volume du mercure contenu dans la boule jusqu'à la premiere division, comme composé d'un certain nombre de parties, savoir de 10782, ou de 11124, ou de 11520, ou même de 11790, autant que je puis le conjecturer, & de prendre 212 de ces parties pour exprimer la quantité de la dilatation du mercure, depuis ce premier terme jusqu'à celui de l'eau bouillante, étoit originairement tout-à-fait arbitraire; & il faut avouer que l'on auroit pû faire d'abord une supposition plus convenable, ou que l'on pourroit l'établir aujourd'hui, si cette construction n'étoit pas aussi universellement reçûe & adoptée par la plûpart des Savans de l'Europe. M. Delisle publia à Petersbourg une graduation plus simple. Il suppose (*a*) que le volume du mercure, le Thermometre étant plongé dans l'eau bouillante, est de 10 mille ou de 100 mille parties, & il marque en de telles parties au-dessus & au-dessous de ce point fixe, tous les degrés de cha-

(*a*) Phil. Transf. N. 441. *p.* 222.

leur correſpondans à tous les degrés poſſibles de dilatation & de condenſation. « Comme le mercure purifié, dit M. « Deliſle, eſt partout de la même natu- « re, & qu'il n'eſt ſuſceptible d'aucune « altération dans les tubes ſcellés, il eſt « probable qu'étant pris au même degré « de pureté, il ſera dilaté dans tous les « pays de la même quantité, par le même « degré de chaleur. » D'où il conclut que ces Thermometres ſont très-propres à comparer les températures des différens climats. J'avoue que cette conſtruction pourroit ſervir à établir la graduation uniforme des Thermometres, elle eſt ſujette à beaucoup moins d'inconvéniens que celle de M. de Reaumur, dont nous avons déja rendu compte (*a*). Mais je ne puis m'empêcher d'obſerver, que M. Deliſle auroit peut-être mieux fait de conſidérer le mercure au point de la congellation de l'eau, plutôt qu'à celui de l'eau bouillante, & d'y poſer le point fixe de ſa graduation. De cette ſorte, les variations de la chaleur auroient été ex-

(*a*) §. 19. 20. 21.

primées en nombres croissans ou décroissans, relativement à l'accroissement ou au décroissement de la chaleur, ce qui paroît beaucoup plus naturel. Et comme il y a très-peu d'observations à faire au-dessous du terme de la glace, il n'y auroit pas eu un grand inconvénient à exprimer ces degrés par des nombres négatifs placés au-dessous de 0 ou de 100000.

28. Mais quelqu'élégante que paroisse cette construction dans la spéculation, il n'est pas si aisé, comme nous l'avons déja dit (*a*), de déterminer exactement dans la pratique, les divisions correspondantes aux dilatations du fluide. D'ailleurs le verre est lui-même dilaté par la chaleur, à la vérité, beaucoup moins à proportion que le vif-argent, ensorte que c'est seulement l'excès de la dilatation du fluide sur la dilatation du verre qui peut être observé. S'il arrive que les différens verres soient différemment affectés par un degré de chaleur donné, il pourra en résulter une différence apparente dans les dilatations du mercure,

(*a*) §. 12.

sur les Thermometres de M. Newton, de M. de Reaumur & de M. Deliſle. Or, M. Boerhaave aſſure (*a*), d'après les obſervations de Fahrenheit, que les différentes ſortes de verre ſont différemment affectées par la chaleur; & M. Muſſchenbroek a trouvé, par le moyen de ſon pyrometre, que les différens tubes de verre ſont affectés, les uns plus, les autres moins, par le même degré de chaleur. Ainſi, dans les Thermometres dont les tubes ſeroient de différentes ſortes de verre, le même degré de chaleur produiroit en apparence des dilatations différentes dans le même fluide. Cela eſt confirmé par les obſervations de M. Campbell, membre illuſtre de la Société Royale, lequel a trouvé par des expériences faites avec toute l'exactitude poſſible, que différens Thermometres de M. Deliſle, étant entourés de neige fondante, marquoient différens degrés, les uns 154, les autres 156, & un d'entr'eux 158. Et après les avoir vuidés & remplis de nouveau, ſuivant la même conſtruction

(*a*) Chem. I. *p.* 141.

quelquefois avec de nouveau mercure, il a toujours trouvé les mêmes réſultats après des expériences répétées. Enfin, il a pouſſé ſi loin l'exactitude, que les mêmes tubes donnoient toujours les mêmes degrés, auſſi ponctuellement qu'on peut le déſirer dans des expériences auſſi délicates. J'ai fait moi-même de ſemblables expériences avec beaucoup de ſoin : un des propres Thermometres de M. Deliſle, m'a toujours donné 150 degrés, un autre où j'avois mis ſur l'un des côtés la graduation de Fahrenheit, marquoit 148½ ſur l'échelle de M. Deliſle, lorſqu'il marquoit 32 ſur celle de M. Fahrenheit; & ſur un troiſieme conſtruit à Paris par M. le Monnier, j'ai vû le terme de la congellation placé au degré 148. Il réſulte même, des propres paroles de M. Deliſle, que ſes Thermometres doivent mal s'accorder, tant cette conſtruction paroît incertaine & précaire. Ainſi je conclus qu'il faut abſolument la rejetter, ſe fixer ſur deux points de chaleur pris à une diſtance conſidérable l'un de l'autre, & diviſer l'eſpace intermédiaire en un nombre convenable

de parties égales, ainsi que nous l'avons proposé (*a*) dans notre construction imitée de celle de Roemer & de Fahrenheit.

29. Afin d'étendre davantage nos recherches sur la chaleur, & d'être à portée de comparer les autres Thermometres avec le nôtre, que nous croyons devoir être dorénavant seul employé, il ne sera pas hors de propos de rapporter à ce Thermometre les observations les plus importantes qui ont été faites avec les autres, de déterminer quels points de notre graduation répondent à ceux des autres, d'y marquer les différens degrés de la chaleur naturelle, ceux de la chaleur animale, les degrés de chaleur nécessaires pour réduire les différens corps solides à l'état de fluidité, & pour exciter l'ébullition dans ceux qui sont fluides; mais la comparaison des différens Thermometres entr'eux, & la détermination des différens degrés de chaleur des corps, sont des sujets assez fertiles & assez curieux pour être considérés chacun en particulier.

[*a*] §. 24. 25. 26.

ESSAY II.

Sur la comparaiſon des différens Thermometres.

1. QUOIQUE nous ayons fait remarquer que la conſtruction vague des Thermometres avoit jetté la plus grande incertitude ſur les obſervations, il ne ſera pas inutile d'examiner de près, autant que nos lumieres le comporteront, les principes ſur leſquels les anciens Thermetres avoient été conſtruits; & s'il nous eſt poſſible de découvrir ces principes, & de comparer ces Thermometres avec celui dont nous connoiſſons déja la conſtruction & la régularité, nous recouvrerons les obſervations de nos prédéceſſeurs, qui étoient perdues pour nous, faute d'une connoiſſance exacte de la graduation de leurs Thermometres; & celles qui ont été faites en différens temps & en divers lieux, avec des inſtrumens d'une conſtruction connue, ne ſeront plus regardées comme inutiles, nous

pourrons les comparer, soit entr'elles; soit avec nos propres observations & les degrés de chaleur que nous connoissons.

2. Comme Sanctorius paroît être le premier qui ait imaginé de mesurer les différens degrés de la chaleur par la dilatation des corps, on pourroit désirer de savoir comment il graduoit ses Thermometres; mais, à dire vrai, ce seroit un objet de pure curiosité, & dont on ne pourroit retirer aucun fruit, attendu que ces Thermometres étoient affectés par le poids de l'athmosphere aussi-bien que par la chaleur. L'Académie del'Cimento remédia à cet inconvénient, en construisant ses Thermometres avec de l'esprit de vin renfermé dans des tubes scellés; & l'on fit sur ces tubes, ou bien sur les Planches auxquelles ils étoient fixés des divisions qui faisoient juger des différentes dilatations de la liqueur produites par les différens degrés de la chaleur.

Je suis étonné que M. Musschenbroek (a), qui a donné une Traduction Latine des Ouvrages de cette Académie avec

(a) Ess. de Phys. §. 947.

d'excellentes additions, parle de ces Thermometres comme s'ils avoient été construits sans aucune regle, & d'une maniere incertaine & arbitraire, reproche que l'on pouvoit faire à plus juste titre à ceux qui furent faits dans la suite. Il est vrai que cette illustre Société en construisit de plusieurs sortes les uns plus parfaits que les autres; mais dans la construction de ceux qu'elle employoit par préférence (*a*), il est marqué expressément à quel degré l'esprit de vin se soutenoit à la température ordinaire des temps de neige ou de glace; & comme ces expériences ont été faites en Italie, je suppose que ce terme est celui de la neige fondante, & que par conséquent il répond au 32me degré de notre Thermometre (*b*). Ainsi sur le premier Thermometre de Florence, le terme de la glace tombe au degré 20 (*c*) & sur le second au degré $13\frac{1}{2}$ (*d*).

Nous avons donc un point fixe de cha-

(*a*) Tent. Exp. Acad. Cim.
(*b*) I. Eff. §. 24.
(*c*) Tent. Exp. Acad. Cim. *p.* 2. 7.
(*d*) *Ibid.* II. *p.* 129.

leur dans la construction de ces Thermometres, ce qui nous manque dans la plûpart des autres; mais avec ce point seul il n'est pas possible de juger du reste de la graduation, & il faut convenir que les autres degrés ne sont point déterminés comme on souhaiteroit qu'ils fussent. Les Académiciens, dont nous parlons, disent que dans leur premier ou grand Thermometre, la liqueur étant exposée à la plus grande force des rayons du Soleil dans leur pays, est portée au degré 80 (*a*), & dans le second au degré 40 (*b*); il est constant que cette maniere de graduer est fort incertaine, & que le degré de chaleur qu'ils nous assignent peut varier suivant le jour, l'année, le climat, &c. mais par un heureux hazard, ils nous ont laissé un moyen de le déterminer & de le rapporter à peu près au Thermometre de Fahrenheit, ce qui paroissoit d'abord si peu praticable, que l'on auroit regardé avec raison cette prétention comme désespérée, si deux grands Ob-

(*a*) *Ibid.* p. 2. 4.
(*b*) *Ibid.* p. 4.

ſervateurs de la nature, Borelli & Malpighi n'avoient mis dans leurs Ouvrages que la chaleur des entrailles de quelques animaux, tels que les vaches & les bêtes fauves, éléve la liqueur du petit Thermometre de Florence au degré 40, qui eſt juſtement celui de la plus grande force des rayons du Soleil, & qui répond à peu près au 102me de notre Thermometre.

Des deux points fixes que nous venons de découvrir dans la conſtruction des Thermometres de Florence, il eſt aiſé de déduire le moyen de faire une eſtime aſſez juſte des obſervations faites avec ces inſtrumens, comme on peut le voir en jettant les yeux ſur la Table, N°. I. II. III.

3. Les Thermometres qui furent enſuite en uſage, furent tous des imitations de ceux de Florence, avec cette différence qu'ils ne furent point conſtruits ſur les mêmes principes, & que l'on ne ſuivoit même aucune regle dans leur conſtruction. M. Hubin fut employé en France, pour en conſtruire à l'uſage de l'Académie des Sciences. Mais il y a apparence qu'il ne les conſtruiſit point

tous de la même maniere ; nous trouvons dans les Écrits des Missionnaires des Indes (*a*), des observations faites avec ceux de ces Thermometres qui étoient, disent-ils, gradués fort bas. Quoiqu'il en soit, nous pouvons en déterminer la construction, à la faveur d'un Mémoire de M. Amontons, où il désigne cet instrument sous le nom d'ancien Thermometre (*b*). Le degré 25 y répond au terme de la glace, & le degré 50 à la température des caves de l'Observatoire, qui est le 53me degré du Thermometre de Fahrenheit. Ainsi, la comparaison entiere du Thermometre est fort aisée. *Voy.* la Table, N°. I. IV.

4. Je ne sache pas qu'il y ait grand nombre d'observations faites avec ce Thermometre ; & il nous importe beaucoup plus de déterminer la construction de celui de M. de la Hire, qui a été conservé à l'Observatoire pendant plus de 60 ans, & qui a servi pendant tout ce temps

(*a*) Mem. de l'Acad. des Scienc. ann. 1666. — 1698. VII. *p.* 835.
(*b*) Mem. de l'Acad. des Sc. ann. 1703. *p.* 53.

temps à la construction des Tables Météorologiques. Mais il est à regretter, que ni M. de la Hire, ni ceux qui continuerent après lui ses observations, n'ayent jamais déterminé avec exactitude deux points fixes sur ce Thermometre, afin de nous mettre à portée d'en construire de semblables. Malgré cela, j'espere que nous en déterminerons la construction, sans nous écarter beaucoup de la vérité. Nous savons avec certitude qu'à la température des caves de l'Observatoire, qui est le degré 53 du Thermometre de Fahrenheit, celui de M. de la Hire étoit constamment au degré 48 (*a*), & que dans des temps de gelée ce Thermometre étant au sommet des tours de l'Observatoire, la liqueur se tenoit depuis le degré 30 jusqu'au degré 32 (*b*), c'est-à-dire, un peu au-dessus du

(*a*) Mem. de l'Acad. des Scienc. ann. 1700. *p.* 8. 1701. *p.* 10, 1702. *p.* 5, 1703. *p.* 3, 1704. *p.* 2, 1705. *p.* 4, 1706. *p.* 3, 1707. *p.* 2, 1708. *p.* 61, 1709. *p.* 3, 1710. *p.* 141.

(*b*) *Ibid.* ann. 1702. *p.* 5, 1704. *p.* 4, 1705. *p.* 4, 1706. *p.* 3, 1707. *p.* 2, 1708. *p.* 62, 1709. *p.* 3, 1710. *p.* 141, 1711. *p.* 2.

véritable terme de la glace, que quelques autres circonſtances nous portent à placer au degré 28 de ce Thermometre, lequel répond ainſi au degré 32 du nôtre. *Voy.* la Table, N°. I. V. Nous avons une obſervation de M. de la Hire même, de laquelle il réſulte que le degré 28 de ſon Thermometre répond au degré 51. 6 lig. de celui de M. Amontons (*a*).

5. M. Amontons avoit fait un grand pas pour l'établiſſement d'un Thermometre univerſel, mais celui qu'il propoſa n'a pas eu lieu, à cauſe de quelques inconvéniens dont nous avons eu occaſion de parler (*b*). Le degré 51. 6 lign. y répondoit au terme de la glace, & le degré 73 au terme de l'eau bouillante, & ces deux points répondent ſur les Thermometre de Fahrenheit aux degrés 32 & 212. *Voy.* la Table, N°. I. VI.

6. Le Marquis Poleni (*c*) nous a laiſſé le réſultat d'un très-grand nombre d'excellentes obſervations Météorologiques, faites avec un Thermometre conſtruit

(*a*) *Ibid.* ann. 1710. *p.* 142.
(*b*) Eſſ. I. §. 10.
(*c*) Phil. Tranſ. 421. *p.* 205.

sur les principes de M. Amontons, mais dont les nombres sont différens : j'ai crû qu'il ne seroit pas inutile de donner aussi la comparaison de ce Thermometre. *Voy.* la Table, N°. I. VII.

7. M. de Reaumur sentant les inconvéniens de la construction de M. Amontons, en proposa une nouvelle qu'il jugeoit meilleure. Sa graduation commence au terme de la glace, & le degré 80 marque le terme de l'eau bouillante ; nous avons déja dit (*a*) les raisons qui nous portent à croire qu'il y a de l'erreur dans la détermination de ces deux points. Cependant, comme l'on a fait avec ce Thermometre un grand nombre d'observations, il est nécessaire d'en donner une Table de comparaison avec celui de Fahrenheit. Le degré qui marque le terme de l'eau bouillante dans ce Thermometre, ne répond véritablement qu'au terme de l'esprit de vin bouillant, c'est-à-dire, au degré 180 du Thermometre de Fahrenheit; & comme le degré $10\frac{1}{4}$ répond constamment à la température des

(*a*) Eff. I, §. 20. 21.

caves de l'Observatoire (*a*), ou au degré 53 de Fahrenheit, je trouve que le degré qui marque la glace, tombe un peu au-dessus du degré 34 de Fahrenheit, au lieu du degré 32, qui est le véritable terme de la glace. *Voy.* la Table N°. I. VIII.

8. Le Thermometre de M. Delisle est construit sur des principes à peu près semblables à ceux de M. de Reaumur, avec cette différence que la graduation commence au terme de l'eau bouillante, & que les divisions comprises au-dessous de ce point répondant aux condensations du mercure, & sont exprimées contre l'ordre ordinaire par des nombres qui croissent à proportion que la chaleur décroît. Nous avons observé (*b*) les irrégularités que les différentes sortes de verre pourroient introduire dans cette construction; au reste le degré 150 de ce Thermometre répond au terme de la glace, & au degré 32 du Thermometre de Fahrenheit, ainsi l'on peut facilement en faire la comparaison. *Voy.* la Table, N°. I. IX.

(*a*) Mém. de l'Acad. des Sc. ann. 1714. *p.* 503.
(*b*) Ess. I.

9. Nous avons des obſervations de Météorologie faites par M. Crucquius, en Hollande (*a*), avec un Thermometre d'air, dont la bulle occupoit un volume de 1070 parties au terme de la congellation, & de 1510 parties au terme de l'eau bouillante. *Voy.* la comparaiſon de ce Thermometre à la Table, N°. I. X.

10. Les Thermometres les plus communs en Angleterre, ſont ceux qui ſont conſtruits ſur le modele de celui qui eſt à la Société Royale, & le plus ſouvent ils ſont faits avec aſſez peu de ſoin. On en a envoyé pluſieurs dans les pays étrangers pour établir une correſpondance d'obſervations. Ainſi il eſt intéreſſant pour nous de découvrir les principes de leur conſtruction, afin de les comparer avec les autres. Le commencement de la graduation où le degré 0 eſt au haut du tube, & les nombres croiſſent à proportion que la chaleur décroît. Je ne ſaurois donner la raiſon de cette conſtruction. Il eſt marqué (*b*) au dégré 0 *très-chaud*, au degré 25 *chaud*, au degré 45 *tem-*

(*a*) Phil. Tranſ. N. 381. *p.* 4.
(*b*) Phil. Tranſ. N. 429. *p.* 103. N. 434. *p.* 407.

péré, & au degré *65 point de la congellation*. Mais par des expériences faites sur plusieurs de ces Thermometres, j'ai trouvé qu'au terme de la neige fondante la liqueur se tenoit au degré 78 ou 79, près de 14 degrés plus bas que l'on n'avoit crû jusqu'à présent; ce qui augmente encore le merveilleux de l'observation du Docteur Cyrilli (*a*), qui trouva que le terme de la glace étoit au degré *55* à Naples.

Pour établir la comparaison de ce Thermometre, il faudroit pouvoir y déterminer un autre degré de chaleur, & l'on voit que les termes de *chaud*, *tempéré*, &c. qui répondent à d'autres degrés, sont fort équivoques. Ainsi, pour ôter toute sorte de doute, j'ai pris le parti de faire moi-même l'expérience, & j'ai trouvé que le degré $34\frac{1}{2}$ répondoit au degré 64 du Thermometre de Fahrenheit. D'où l'on déduit aisément le reste de la comparaison. *Voy.* la Table, N°. I. XI.

11. M. Newton (*b*) s'étant apperçû

(*a*) Phil. Trans. N. 424. *p.* 336. N. 434. *p.* 407.
(*b*) Phil. Trans. N. 270. *p.* 824.

de l'incertitude qui régnoit dans la construction des Thermometres, en imagina un dont je suis bien étonné qu'on ait fait si peu d'usage, tant il est simple & facile à construire. La graduation commence au terme de la glace, & l'on divise l'espace, compris entre ce point & celui de l'eau bouillante, en 34 parties égales que l'on peut sous-diviser à volonté. *Voy.* la comparaison de ce Thermometre avec celui de Fahrenhit à la Table, N°. I. XII.

12. On fait assez communément usage en Angleterre d'un Thermometre, où la moyenne température de l'air est regardée comme un milieu entre le froid & le chaud, & est désignée par le degré 0, au-dessus & au-dessous duquel on établit une division qui exprime les degrés de chaud & de froid de l'air environnant. C'est de ce Thermometre que l'on se sert dans les étuves & dans les serres, pour entretenir le degré de chaleur propre à maintenir la végétation des plantes étrangeres. Je ne crois pas que ces sortes de Thermometres soient construits sur des principes fixes; ils

marquent ordinairement le terme de la congellation au degré 30 au-dessous de 0; mais M. Fowler, chez qui on prend la plûpart de ces instrumens, a trouvé, après l'expérience que je l'avois prié d'en faire, qu'au terme de la neige fondante la liqueur se tenoit au degré 34 au-dessous de 0, & par quelques expériences que j'ai fait moi-même, j'ai trouvé que le degré 16 au-dessous de 0 répondoit au degré 64 du Thermometre de Farenheit. *Voy.* le reste de la comparaison à la Table, N°. I. XIII.

13. Le Docteur Hales (*a*) trouva à propos d'employer une nouvelle construction pour faire ses ingénieuses expériences. Il commença la graduation au terme de la glace, & l'étendit jusqu'au degré 100, qu'il plaça au point où fut élevée la liqueur par la chaleur d'une eau qui commençoit à faire fondre de la cire. J'ai trouvé que ce degré de chaleur portoit le Thermometre de Fahrenheit au degré 142, & celui du Docteur Hales fort au-dessous du degré 100 qu'il nous a assigné. *Voy.* la comparaison des deux

(*a*) Veget. Stat. *p.* 37.

Thermometres à la Table, N°. I. XIV. Le Docteur Hales nous dit que son Thermometre étoit au degré 13 un jour de Printemps, tandis que le nôtre étoit au degré 48.

14. La Société d'Edimbourg a commencé depuis plusieurs années des observations exactes sur la chaleur, dont elle a déja publié une partie parmi ses Essays de Medecine. Il nous est fort aisé de déduire de ses propres paroles, la comparaison de son Thermometre. Elle nous dit (*a*) que la boule étant plongée dans de la neige fondante, la liqueur est élevée de 8, 2 pouces au-dessus du premier point de la graduation, que la même boule étant entourée de la peau du corps humain, la liqueur est élevée de 22, 2 pouces, & que l'espace intermédiaire est divisé en pouces & en dixiemes de pouces. Enfin j'ai trouvé que la chaleur de la personne qui a construit ce Thermometre répondoit au degré 97 du Thermometre de Fahrenheit. D'où l'on peut déduire le reste de la comparaison. *Voy.* la Table, N°. I. XV.

(*a*) Edinb. Med. Ess. I. *p.* 8.

15. Il y a plusieurs autres Thermometres avec lesquels on a fait des observations, mais ils ont été ou si mal construits, ou si mal décrits, que nous ne pouvons en tirer aucun fruit; & de quelqu'usage qu'ils ayent été à leurs Auteurs, ils sont pour nous comme s'ils n'avoient jamais existé.

REMARQUE

Sur la comparaison des Thermometres.

La Méthode que l'on vient de proposer pour la comparaison des Thermometres ne paroît pas assez développée, pour concevoir d'abord les principes sur lesquels elle est fondée, & prévenir les objections qui se présentent à la premiere vûe. Dans chaque Thermometre que M. Martine veut comparer à celui de Fahrenheit, il tâche seulement de connoître deux points de la graduation correspondans à deux chaleurs connues; il prend sur le Thermometre de Fahrenheit les degrés qui répondent à ces deux chaleurs; & les tubes des deux Thermometres étant supposés paralleles, il mene par les deux points déterminés sur le Thermometre de

Fahrenheit deux droites perpendiculaires au tube, & prolongées jusqu'à la rencontre de l'autre tube ; il marque aux deux points de rencontre les dégrés qui répondent, suivant la construction, aux deux chaleurs connues, il acheve la graduation du tube, & il détermine le reste de la comparaison en menant de semblables lignes par les différens points de la graduation de Fahrenheit. De sorte que M. Martine suppose que les portions des deux tubes compriſes entre deux paralleles quelconques, contiennent les accroissemens de la dilatation des fluides produits par un accroissement de chaleur donné ; & comme il ne fait point mention d'autre chose, on ne voit point d'abord si la détermination de ces deux points est suffisante pour la comparaison des Thermometres, sans s'embarrasser ni de la différence des liqueurs, ni de la différence des diametres des tubes & des boules ; ou s'il ne faut point avoir égard à ces choses ; puisque dans les Thermometres, construits avec le même fluide les hauteurs des cylindres fluides élevés dans les tubes par des accroissemens de chaleur donnés,

peuvent varier ſuivant les proportions des tubes & des boules, & que dans les Thermometres conſtruits avec des fluides différens, ces hauteurs peuvent varier encore non-ſeulement à raiſon des différens degrés d'expanſibilité des fluides, c'eſt-à-dire, des différentes quantités, dont ils ſont dilatés par un accroiſſement de chaleur donné; mais encore à raiſon du plus ou du moins d'uniformité qu'ils obſervent dans leurs accroiſſemens de dilatation. Ainſi j'ai crû qu'il ne ſeroit pas inutile d'examiner avec quelque détail, les conditions qui ſont ſuppoſées dans cette Méthode, & de rechercher juſqu'à quel point elles ſe rencontrent dans chaque cas particulier.

Le Thermometre de M. Deliſle étant conſtruit avec le même fluide que le Thermometre de Fahrenheit, les accroiſſemens de la dilatation produits dans l'un & dans l'autre, par un accroiſſement de chaleur donné, ſeront entr'eux comme les volumes du fluide, par conſéquent les cylindres fluides qui s'élevent dans les deux tubes, à l'occaſion d'un accroiſſement de chaleur quelconque, ſeront en-

tr'eux comme les ſolidités des boules, & ſi l'on ſuppoſe les deux cylindres de la même hauteur, leurs baſes ſeront entr'elles comme les ſolidités des boules; ainſi dans la comparaiſon du Thermometre de M. Deliſle avec celui de Fahrenheit, la Méthode ſuppoſe que les baſes des tubes ſont entr'elles comme les ſolidités des boules.

Le Thermometre de M. Newton eſt dans un autre cas, l'huile de lin avec laquelle il eſt conſtruit, eſt plus dilatée par le même accroiſſement de chaleur que ne l'eſt le mercure; ainſi l'on ne peut point établir dans la comparaiſon exacte de ce Thermometre avec celui de Fahrenheit, que les accroiſſemens de dilatation produits dans les deux fluides, par le même accroiſſement de chaleur, ſont proportionnels aux volumes des fluides.

Suppoſons deux Thermometres égaux, l'un conſtruit avec du mercure, ſuivant les principes de Fahrenheit, & déſigné par A, & l'autre conſtruit avec de l'huile de lin, ſuivant les principes de Newton, & déſigné par B, de telle ſorte que les volumes ſous leſquels les deux fluides

ſont compris au terme de la glace ſoient égaux entr'eux.

Le volume que le mercure du Thermometre A occupe au terme de la glace, eſt au volume qu'il occupe au terme de l'eau bouillante, comme 11124 + 32 eſt à 11124 + 212 (*a*) comme 11156 eſt à 11336 comme 10000 eſt à 10161 +.

Le volume que l'huile de lin du Thermometre B occupe au terme de la glace, eſt au volume qu'elle occupe au degré de l'eau bouillante, comme 10000 eſt à 10725 (*b*).

Ainſi l'accroiſſement de chaleur compris depuis le terme de la glace juſqu'à l'eau bouillante, éleve dans les tubes des Thermometres A & B des cylindres fluides, qui ſont entr'eux comme 161 eſt à 725.

Soit un troiſieme Thermometre déſigné par C, conſtruit avec de l'huile de lin, ſuivant les principes de M. Newton, & tel que le cylindre fluide, élevé

(*a*) Eſſ. I. §. 24.
(*b*) Eſſ. I. §. 17.

dans le tube par l'accroiſſement de chaleur compris entre le terme de la glace & l'eau bouillante, ſoit de la même hauteur que le cylindre élevé dans le tube du Thermometre A par le même accroiſſement de chaleur.

Comme les Thermometres B & C ſont conſtruits avec la même liqueur, les accroiſſemens de dilatation produits dans l'un & dans l'autre par le même accroiſſement de chaleur, ſont entr'eux comme les volumes du fluide; par conſéquent le cylindre fluide élevé dans le tube du Thermometre B, par l'accroiſſement de chaleur compris entre le terme de la glace & celui de l'eau bouillante, eſt au cylindre fluide élevé dans le tube du Thermometre C par le même accroiſſement de chaleur, comme la boule du Thermometre B eſt à la boule du Thermometre C, comme la boule du Thermometre A eſt à la boule du Thermometre C, les boules des Thermometres A & B étant ſuppoſées égales.

Donc le cylindre fluide élevé dans le Thermometre A, eſt au cylindre fluide élevé dans le Thermometre C, en pro-

portion composée de la proportion de 161 à 725, & de la proportion de la boule du Thermometre A à la boule du Thermometre C; & comme ces cylindres sont de la même hauteur, leurs bases sont dans cette même proportion.

Maintenant les accroissemens de dilatation de l'huile de lin, correspondans aux accroissemens de chaleur compris entre le terme de la glace & l'eau bouillante & entre le terme de la glace & la chaleur humaine, sont entr'eux comme 725 est à 256 (*a*), comme 10000 est à 3531+, & les accroissemens de dilatation du mercure correspondans aux mêmes accroissemens de chaleur, sont entr'eux comme 180 est à 64 (*b*), comme 10000 est à 3556 —, proportion fort approchante de la précédente; ensorte que, sans s'éloigner beaucoup de la vérité, l'on peut considérer les accroissemens de dilatation de l'huile de lin, comme proportionnels aux accroissemens de dilatation du mercure. Par conséquent les cylindres fluides élevés dans les Thermometres A & &

(*a*) Eff. I. §. 17.
(*b*) Eff. I. §. 24. & Eff. IV. §. 43.

& C par un accroiſſement de chaleur quelconque, ſeront de la même hauteur.

Ainſi la comparaiſon entiere du Thermometre de M. Newton avec le Thermometre de Fahrenheit, peut ſe faire ſuivant la Méthode propoſée, en ſuppoſant que les baſes des tubes ſont entr'elles en proportion compoſée, de la proportion des degrés d'expanſibilité des deux fluides, & de la proportion des ſolidités des boules.

Les Thermometres d'eſprit de vin font un troiſieme cas différent des deux premiers. Non-ſeulement l'eſprit de vin eſt plus dilaté par le même accroiſſement de chaleur que n'eſt le mercure. Mais encore la proportion entre les accroiſſemens de dilatation de l'eſprit de vin, eſt ſenſiblement différente de la proportion entre les accroiſſemens de dilatation du mercure. Ainſi quand bien même les tubes & les boules auroient les conditions ſuppoſées dans le cas précédent, les cylindres fluides élevés dans les tubes ne ſeroient pas de la même hauteur dans tous les accroiſſemens de chaleur.

Suppoſons un Thermometre d'eſprit

de vin conſtruit ſuivant les principes de M. de Reaumur, & tel que le cylindre éleve dans le tube par l'accroiſſement de chaleur, compris entre le terme de la glace & la plus grande chaleur de l'eſprit de vin ſoit de la même hauteur que le cylindre élevé dans le Thermometre de Fahrenheit, par le même accroiſſement de chaleur, ce qui arrivera, comme nous l'avons dit pour le Thermometre de M. Newton, ſi les baſes des tubes ſont entr'elles en proportion, compoſée de la proportion des degrés d'expanſibilité de l'eſprit de vin & du mercure, & de la proportion des boules, c'eſt-à-dire, en proportion compoſée de la proportion de 800 à 133 (*a*) & de la proportion des boules.

Or, les accroiſſemens de dilatation de l'eſprit de vin, produits par les accroiſſemens de chaleur compris entre le terme de la glace, & la plus grande chaleur de l'eſprit de vin, & entre le terme de la glace & la température des caves de l'Obſervatoire, ſont entr'eux comme 80 eſt à $10\frac{1}{4}$ (*b*) comme 10000 eſt à $1281\frac{1}{4}$

(*a*) Eſſ. I. §. 19. & 24.
(*b*) Eſſ. I. §. 19. & Eſſ. II. §. 7.

& les accroiſſemens de dilatation du mercure correſpondans aux mêmes accroiſſemens de chaleur, ſont entr'eux comme 180 — 32 eſt à 53 — 32 (*a*) comme 148 eſt à 21 comme 10000 eſt à 1419.

Donc la hauteur du cylindre d'eſprit de vin élevé par l'accroiſſement de chaleur, compris entre le terme de la glace & la température des caves de l'Obſervatoire, eſt à la hauteur du cylindre de mercure élevé par le même accroiſſement de chaleur, comme 1281 eſt à 1419, différence aſſez ſenſible.

Il n'eſt donc pas poſſible, ſuivant la Méthode de M. Martine de comparer exactement les Thermometres d'eſprit de vin avec le Thermometre de Fahrenheit. Cependant ſi les proportions entre les accroiſſemens de dilatation de l'eſprit de vin, quoique différentes des proportions entre les accroiſſemens de dilatation du mercure ſuivoient un ordre conſtant, on pourroit rectifier la comparaiſon faite ſuivant cet-

(*a*) Eſſ. I. §. 24. & Eſſ. II. §. 7.

te Méthode, en déterminant la différence entre les proportions dans un cas comme nous venons de faire, & en l'appliquant aux autres cas. C'eſt ce que je laiſſe à voir aux Phyſiciens qui ont la commodité des inſtrumens, & qui ſont exercés à ces ſortes d'opérations.

Ainſi la Méthode propoſée donne la la comparaiſon exacte du Thermometre de M. Deliſle, la comparaiſon très-approchée du Thermometre de M. Newton, & une comparaiſon imparfaite des Thermometres d'eſprit de vin.

ESSAY III.

Sur la maniere dont les corps s'échauffent & ſe réfroidiſſent.

1. LA nature du feu & de la chaleur eſt telle que tous les corps qui ſont contigus, quelle que ſoit leur chaleur en particulier, ſe mettent à la même température, auſſi-tôt qu'ils ſont abandonnés à eux-mêmes, & ſuppoſé qu'ils

n'ayent aucun principe intrinſeque de chaleur, les uns diminuant & les autres augmentant de chaleur juſqu'à ce qu'ils ſoient parvenus à l'équilibre. Ainſi tous les corps inanimés étant placés dans l'athmoſphere, échauffent l'air où en ſont échauffés, juſqu'à ce qu'ils ayent acquis la même température. *Voyez* Boerhaave, *Chem.* I. p. 187. 188. 200. 281. Muſſchenbroek, *Eſſ. de Phyſ.* §. 961. Mais le temps employé pour acquérir la température du milieu environnant, varie ſuivant le volume, la denſité, la figure, & la nature particuliere des corps.

2. Le progrès ſuivant lequel un corps plus chaud placé dans un milieu plus froid, tend inſenſiblement à la température de ce milieu, eſt plus rapide dans les premiers inſtans & devient plus lent par degrés, ainſi qu'on le conçoit naturellement, & qu'il eſt prouvé par les expériences de M. Muſſchenbroek (*a*). Mais nous ne ſavons point dans quelle loi ſe fait cette progreſſion, ou même ſi

(*a*) Tent. Exp. Acad. Cim. Add. II. *p.* 47 — 57.

elle en observe quelqu'une. M. Muſſchenbroek nous dit (*a*) ſeulement en général, que dans les premiers inſtans, la diminution d'une quantité de chaleur donnée, ſe fait très-promptement, & enſuite plus lentement juſqu'au degré de chaleur du milieu environnant.

3. Le ſentiment de M. Newton (*b*) ſur cette matiere, eſt très-ſatisfaiſant, quoiqu'il n'ait pas été bien pris par M. Amontons (*c*). M. Newton, après avoir obſervé avec toutes les précautions néceſſaires, les temps correſpondans au progrès de la diminution de chaleur d'une maſſe de fer rougie au feu, & placée enſuite au milieu de l'air, ſuppoſe, & ce n'eſt pas ſans apparence de raiſon, que la quantité de chaleur perdue à chaque inſtant, durant le temps du réfroidiſſement, eſt proportionnelle à l'excès de la chaleur du corps dans cet inſtant, ſur la chaleur de l'air environnant; ainſi, en diviſant le temps en inſtans égaux depuis le commencement du réfroidiſſement,

(*a*) *Ibid.* p. 52.
(*b*) Phil. Tranſ. abr. IV. 2. *p.* 3.
(*c*) Mem. de l'Ac. des Sc. ann. 1703. *p.* 238.

jusqu'à ce que le corps soit parvenu à la température de l'air environnant, les quantités de chaleur perdues durant ces instans, & les quantités de chaleur subsistantes, c'est-à-dire, les excès de la chaleur du corps sur la chaleur de l'air environnant, correspondans à ces instans, forment deux progressions Géométriques. Car, si l'on suppose une suite de quantités proportionnelles à leurs différences, les quantités & les différences formeront deux progressions Géométriques (*a*). Ainsi, dans cette supposition, la diminution de la chaleur suivra la même loi que la diminution du mouvement d'un projectile, qui se meut avec une viteſſe qui lui a été imprimée dans un milieu qui lui résiste dans la proportion de sa viteſſe, & l'on pourra y appliquer tout ce qui est démontré sur les milieux résistans suivant cette loi (*b*).

4. Cette Méthode ingénieuse peut servir à déterminer les degrés de chaleur excessifs, que les Thermometres ordinai-

(*a*) Newt. Princip. II. Lemm. I. *p.* 230.
(*b*) *Voyez* Newt. *Ibid.* Prop. 2. Varignon, Mem. de l'Acad. des Sc. ann. 1707. *p.* 504.

res ne sauroient supporter ; mais il faut bien se garder de l'admettre sans restriction. L'hypothese, qui en est le fondement, est plus dans l'ordre Mathématique que dans l'ordre Physique, & le chemin qui paroît le plus régulier n'est pas toujours celui que suit la nature. En effet, la chaleur ne décroît point exactement dans la proportion supposée ; si cela étoit, le temps du refroidissement seroit infini (*a*), au lieu que nous voyons qu'il n'a qu'une certaine durée plus ou moins grande, suivant la quantité de la chaleur, la masse, la densité, & les autres circonstances du corps échauffé, & du milieu environnant.

5. Pendant le temps du réfroidissement, le corps échauffé est d'abord affecté par la partie du milieu qui l'environne immédiatement, & qui devient plus chaude que le reste du milieu, quoique plus froide que le corps échauffé. Cette athmosphere, qui se forme autour du corps, empêche la régularité du réfroidissement ; car comme elle est beau-

(*a*) *Voy.* Varign. *Ibid.* p. 507. 509.

coup plus chaude vers les commencemens du réfroidiſſement que ſur la fin, elle influe ſur le corps beaucoup plus à proportion ſur la fin que vers le commencement. Ainſi, quoique les diminutions de la chaleur ſuivent une progreſſion décroiſſante, elles ſeront ſur la fin en plus grande proportion que les quantités de chaleur ſubſiſtantes.

6. Comment faudra-t-il donc déterminer la loi de cette progreſſion, & en quoi cette loi s'éloigne de celle qui a été ſuppoſée par M. Newton, & qui paroît la plus ſimple? Nous pouvons regarder toutes les ſpéculations comme inſuffiſantes pour nous y conduire, & l'expérience ſeule doit ici nous ſervir de guide. Une application judicieuſe des obſervations les plus exactes, pourra nous découvrir la vérité, ou du moins nous en fera approcher de très près. Or, de pluſieurs expériences qui ont été faites à ce ſujet, je crois pouvoir conclure que les diminutions de la chaleur pendant le réfroidiſſement, forment une progreſſion compoſée de deux ſéries, dont l'une eſt uniforme, & l'autre ſuit la proportion des

quantités subsistantes, ou des excès de la chaleur du corps sur la chaleur de l'air environnant. Ainsi le temps entier du réfroidissement étant divisé en instans égaux, la progression que forment les quantités de chaleur perdues durant ces instans, se résout en deux différentes séries, dont l'une suit la proportion des quantités subsistantes, & par conséquent forme une progression Géométrique, conformément à la théorie générale, & l'autre est uniforme, c'est-à-dire, que les décroissemens correspondans à des temps égaux y sont égaux, & par conséquent elle suit la loi selon laquelle est retardé le mouvement d'un corps pesant, qui monte perpendiculairement dans un milieu non résistant.

7. Pour établir la vérité de ces deux loix, je vais rapporter les expériences de M. Musschenbroek. Je les choisis comme étant très-exactes & moins susceptibles du reproche que l'on pourroit faire aux miennes propres, d'avoir été faites dans la vûe d'appuyer ma théorie, quoique je puisse assurer qu'elle a été déduite des observations.

Expérience faite sur une petite barre de fer. Musschenbr. *Tent. Acad. Cim. Add.* II. p. 48.

Temps du réfroidissement.	Degrés de chal. perdus suivant l'observation.	Prem. série suiv. la théorie.	Seconde série suiv. la théorie.	Degrés de chal. perdus suiv. la théorie.	Différences entre l'observation & la théorie.
1	62,5	59,4	1,2	60,6	— 1,9
2	106	99	2,4	101,4	— 4,6
3	128,6	125,7	3,6	129,3	+ 0,7
4	148,8	143,6	4,8	148,4	— 0,4
5	161,8	155,6	6	161,6	— 0,2
6	170,4	163,6	7,2	170,8	+ 0,4
7	176,5	169	8,4	177,4	+ 0,9
$7\frac{1}{2}$	180	171	9	180	0

N. B. Les nombres correspondans à chaque temps, expriment les degrés de chaleur perdus, depuis le commencement du réfroidissement jusqu'à la fin de chaque temps.

Expérience faite sur une petite barre d'acier. Ibid. *p.* 49.

Temps du réfroidissement.	Degrés de chal. perdus suivant l'observation.	Prem. série suiv. la théorie.	Seconde série suiv. la théorie.	Degrés de chal. perdus suiv. la théorie.	Différences entre l'observation & la théorie
1	61,4	56,1	0,5	56,6	— 4,8
2	94	95,2	1	96,2	+ 2,2
3	120	122,4	1,5	123,9	+ 3,9
4	141,5	141,4	2	143,4	+ 1,9
5	158,4	154,6	2,5	157,1	— 1,3
6	167,7	163,8	3	166,8	— 0,9
7	174,7	170,2	3,5	173,7	— 1
8	179	174,7	4	178,7	— 0,3
9	182,6	177,8	4,5	182,3	— 0,3
10	185	180	5	185	0

Expérience faite sur une petite barre de cuivre. Ibid. *p.* 50.

1	76	71,4	0,8	72,2	— 3,8
2	124,5	115,8	1,6	117,4	— 7,1
3	141,2	142,2	2,4	144,6	+ 3,4
4	160,5	158,7	3,2	161,9	+ 1,4
5	171,6	168,8	4	172,8	+ 1,2
6	179,2	175,1	4,8	179,9	+ 0,7
7	184,4	178,9	5,6	184,5	+ 0,1
$7\frac{2}{15}$	185	179,3	5,7	185	0

Expérience faite sur une petite barre de laiton. Ibid. *p.* 51.

Temps du refroidissement.	Degrés de chal. perdus suivant l'observation.	Prem. série suiv. la théorie.	Seconde série suiv. la théorie.	Degrés de chal. perdus suivant la théorie.	Différences entre l'observation & la théorie.
1	120	114,1	1,5	115,6	— 4,4
2	187	185	3	188	+ 1
3	232,6	228,7	4,5	233,2	+ 0,6
4	260,8	255,8	6	261,8	+ 1
5	280,2	272,6	7,5	280,1	— 0,1
6	291	283	9	292	+ 1
7	300	289,5	10,5	300	0

Expérience faite sur une petite barre de plomb. Ibid. *p.* 51.

1	125	114	0,1	114,1	— 9,9
2	177	174,6	0,2	174,8	— 2,2
3	208	207	0,4	207,4	— 0,6
4	225	224,3	0,5	224,8	— 0,2
5	234	233,5	0,6	234,1	+ 0,1
6	239,1	238,4	0,7	239,1	0
7	241,7	241	0,8	241,8	+ 0,1
8	243,2	242,4	0,9	243,3	+ 0,1
$8\frac{3}{4}$	244	243	1	244	0

Expérience faite sur une petite barre d'étain. Ibid. *p.* 52.

Temps du réfroidissement.	Degrés de chal. perdus suivant l'observation.	Prem. série suiv. la théorie.	Seconde série suiv. la théorie.	Degrés de chal. perdus suivant la théorie.	Différences entre l'observation & la théorie.
1	61,4	61	0,5	61,5	+ 0,1
2	96,6	96,2	1	97,2	+ 0,6
3	120	116,5	1,5	118	— 2
4	132,7	128,1	2	130,1	— 2,6
5	139,1	134,8	2,5	137,3	— 1,8
6	142,4	138,7	3	141,7	— 0,7
$6\frac{4}{5}$	144	140,6	3,4	144	0

Exp. que j'ai faite moi-même sur un petit Thermometre de mercure échauffé jusqu'au degré 108, *& ensuite exposé à l'air.*

$0\frac{1}{2}$	13	13,6	0,4	14	+ 1
1	25	24,1	0,8	24,9	— 0,1
$1\frac{1}{2}$	34	32	1,2	33,2	— 0,8
2	40	38,1	1,6	39,7	— 0,3
$2\frac{1}{2}$	45,5	42,8	2	44,8	— 0,7
3	49,5	46,4	2,4	48,8	— 0,7
$3\frac{1}{2}$	52,5	49,1	2,8	51,9	— 0,6
4	55	51,2	3,2	54,4	— 0,6
$4\frac{1}{2}$	56,5	52,8	3,6	56,4	— 0,1
5	58	54	4	58	0

8. Les parties décimales ont été calculées suivant la maniere ordinaire de réduire les nombres. Ce n'est pas que je veuille prétendre à une exactitude imaginaire, soit pour mes expériences, soit pour celles de M. Musschenbroek. Les calculs de ce genre ne peuvent jamais être que des approximations. Toutes nos machines sont imparfaites; & le pyrometre de M. Musschenbroek étant composé de roues, de pignons, &c. il n'est pas possible, ainsi qu'il le confesse lui-même (*a*), que le mouvement en soit aussi régulier qu'on le désireroit. D'ailleurs les corps que nous considérons dans ces expériences, sont-ils absolument homogenes (*b*)? Et ne peuvent-ils pas avoir des irrégularités qui dérangent la loi du réfroidissement? Ainsi il n'est pas étonnant qu'il y ait dans ces observations quelques écarts & des variations, qui sont inévitables dans les machines composées & dans les corps imparfaits. On est donc obligé de prendre un milieu,

(*a*) Tent. Exp. Acad. Cim. add. I I. *p.* 29.
(*b*) *Ibid. p.* 30. 31. 32.

& de regarder comme suffisantes les observations qui s'accordent en gros avec la théorie ; quoiqu'il y ait dans le fond quelques différences.

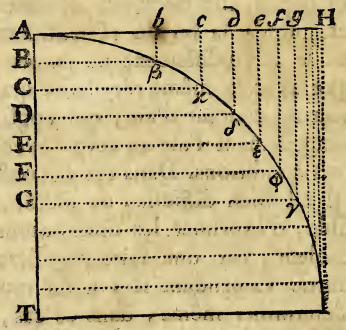
9. Au moyen de la loi que nous venons de découvrir dans le réfroidissement des corps, nous pouvons déterminer avec assez de justesse l'intensité des degrés de chaleur excessifs, que les Thermometres ordinaires ne peuvent pas supporter, tels que ceux des métaux rougis ou en fusion, des pierres embrasées, du verre fondu, &c. il n'y a qu'à observer les temps du réfroidissement, depuis le commencement jusqu'au point où la chaleur pourra être supportée par le Thermometre de mercure, & observer alors les degrés de chaleur sur cet instrument. On aura, par l'observation des temps, le nombre des termes de la progression, & par l'observation sur le Thermometre le loix qui régnent dans les deux séries & les derniers termes ; ainsi l'on pourra déterminer le degré de chaleur correspondant à un instant quelconque du réfroidissement.

10. J'observerai cependant qu'il y a des

des circonſtances où cette méthode n'eſt pas exacte, par exemple, ſi le corps échauffé a un grand volume, & que l'air environnant ſoit en repos, il y aura autour de ce corps une athmoſphere d'air qui s'échauffera, & dont la chaleur croîtra pendant un certain temps, après lequel elle décroîtra continuellement juſqu'à la fin du réfroidiſſement. Ainſi le réfroidiſſement ne pourra pas ſe faire avec la même régularité que s'il y avoit un courant d'air, qui appliquât continuellement l'air au corps avec les mêmes conditions. Dans ces circonſtances il eſt bien difficile, ou plutôt impoſſible, d'exprimer les diminutions de la chaleur, par une ſuite réguliere de nombres. Cependant il y a un moyen de déterminer même, dans ce cas, les degrés de chaleur correſpondans aux inſtans du réfroidiſſement, & de les exprimer auſſi-bien, & même mieux qu'en nombres. C'eſt en ſuivant la voye Géométrique.

11. Par exemple, ſuppoſez que le temps entier du réfroidiſſement eſt repréſenté par la droite A T, & l'excès

de la chaleur du corps échauffé sur la chaleur de l'air environnant par la droite AH, perpendiculaire à la droite AT. Divisez la droite AT en plusieurs parties égales AB, BC, CD, DE, EF, FG, &c. les droites AB, AC,



AD, AE, &c. représenteront la progression Arithmétique des instans du réfroidissement. Supposez que les parties A*b*, *bc*, *cd*, *de*, &c. de la droite AH représentent les diminutions de la chaleur correspondantes aux temps AB, BC, CD, DE, &c. les droites A*b*,

A c, A d, A e, &c. repréſenteront les quantités de chaleur perdues depuis le commencement du réfroidiſſement, & correſpondantes aux temps A B, A C, A D, A E, &c. & les droites H A, H b, H c, H d, H e, &c. repréſenteront les quantités de chaleur ſubſiſtantes, ou les excès de la chaleur du corps ſur la chaleur de l'air environnant, correſpondans aux mêmes temps AB, AC, AD, AE, &c.

Des points B, C, D, E, &c. élevés des perpendiculaires B β, C $\varkappa$, D δ, E ε, &c. à la droite A T, & paralleles à la droite A H, & des points b, c, d, e, &c. élevés d'autres perpendiculaires $b\beta$, $c\varkappa$, $d\delta$, $e\varepsilon$, &c. à la droite A H & paralleles à la droite A T & par les points β, $\varkappa$, δ, ε, &c. où ces perpendiculaires ſe rencontrent, menez la courbe A $\beta\varkappa\delta\varepsilon$, &c. concave vers la droite A T & convexe vers la droite A H. Cette ligne, que je trouve être une eſpece d'hyperbole, ſera la courbe des diminutions de chaleur, la droite A T ſera conſidérée comme l'axe, les droites AB, AC, AD, &c. comme les

abscisses, & les droites Bβ, Cκ, Dδ, &c. ou leurs égales A b, A c, A d, &c. comme les demi-ordonnées.

Or, si l'on a quelques suites d'observations sur le décroissement de la chaleur d'un corps, on pourra prolonger sur le papier cette courbe hyperbolique, ou déterminer de quelqu'autre maniere, assez de points pour en trouver le centre, les diametres, les asymptotes, &c. & la prolonger à volonté; & l'on y déterminera la chaleur des corps à une distance donnée du temps où la chaleur est supportable par le Thermometre. Ainsi par la simple observation du temps employé pour le réfroidissement, & des diminutions de la chaleur dans le temps où elle est supportable par le Thermometre, on pourra déterminer le degré de chaleur d'un morceau de fer rougi, ou de tel autre corps excessivement échauffé. Cette Méthode, ainsi que nous l'avons dit, devra être employée lorsque le volume du corps échauffé sera considérable, & que l'air environnant sera en repos, & l'on se servira de la premiere (*a*) dans les

(*a*) §. 9.

cas où le corps sera d'un petit volume & exposé à un courant d'air.

12. Nous avons vû que dans le progrès du réfroidissement, les quantités de chaleur perdues durant des temps donnés, diminuent de plus en plus, & d'une maniere assez réguliere, jusqu'à ce que le corps parvienne à la température du milieu environnant. Il n'en est pas de même du progrès de la chaleur. M. Musschenbroek nous a aussi donné (*a*) sur ce sujet quelques expériences fort ingénieuses, d'où il infere que les accroissemens de la chaleur ne se font point d'une maniere uniforme, mais qu'ils sont moindres dans les premiers instans, comme si le feu avoit d'abord de la peine à pénétrer les corps, qu'ils augmentent insensiblement, & parviennent enfin à leur plus haut point, d'où ils vont en diminuant, jusqu'à ce que le corps ait acquis la température du milieu environnant (*b*). J'ai trouvé tout cela conforme à la vérité, par les expériences que j'ai fait

(*a*) Tent. Exp. Acad. Cim. add. II. *p.* 24—28. 34—43.

(*b*) *Ibid.* p. 29 — 32. 39.

moi-même, & dont je ferai bien-tôt mention.

13. On conçoit ſans peine que les corps doivent s'échauffer & ſe réfroidir plus ou moins facilement, ſuivant leur volume, leur denſité, leur figure, &c. & qu'une quantité de matiere donnée eſt plus ou moins facilement échauffée & réfroidie, ſelon qu'elle a une ſurface plus ou moins grande. Ainſi, comme la figure ſphérique comprend la plus grande quantité de matiere ſous la moindre ſurface, les corps de cette figure, toutes choſes d'ailleurs égales, ſeront les plus lents à s'échauffer & à ſe réfroidir.

14. Pour ce qui eſt de la différente grandeur, perſonne ne doute que la température des corps qui ont plus de maſſe, ne ſoit plus difficilement altérée que celle des corps qui en ont moins. « Moins un « corps a de maſſe, dit le Chancelier « Bacon (a), plutôt il s'échauffe à l'ap« proche d'un corps chaud ». Mais il n'eſt pas auſſi aiſé de déterminer dans quelle proportion. Voici ce que dit M. New-

(a) Nov. Org. II. §. 40.

ton (*a*) à ce sujet. « Un globe plus » grand conserveroit la chaleur plus » long-temps dans la proportion du dia- » metre. Car c'est dans cette proportion » que sa surface, à raison de laquelle il » est réfroidi par le contact de l'air en- » vironnant, est moindre, eu égard à » la quantité de matiere qu'elle renfer- » me. — Je soupçonne cependant qu'il » y a des causes cachées, qui font que la » durée de la chaleur est augmentée dans » une moindre proportion que celle du » diametre : & je souhaiterois que l'on » déterminât cette proportion par les ex- » périences ».

15. Afin de me conformer au désir de ce grand homme, j'avois fait quelques expériences, que je me proposois de pousser plus loin, si mes occupations me l'avoient permis. Mais je crois pouvoir déja raisonnablement conclure de celles que j'ai faites, que l'opinion de M. Newton est conforme à la vérité, & que les corps semblables conservent en effet la chaleur dans la proportion de leurs diametres. Quant au doute qu'il forme, si dans

(*a*) Princ. Math. *p.* 509.

les grands corps cette proportion n'eſt pas moindre que celle des diametres, je ne le crois pas ſuffiſamment fondé.

16. Je pris deux vaſes de porcelaine à peu près de la même forme, mais dont l'un déſigné par A, étoit le double plus haut & plus large que l'autre déſigné par B, & par conſéquent contenoit huit fois autant de liqueur. Je les remplis d'eau & je les échauffai également, juſqu'à ce que les Thermometres que j'avois plongés dans l'un & dans l'autre, marquerent le degré 112; alors je les expoſai dans un endroit où il y avoit un petit courant d'air à la température d'environ 48 ou 49 degrés, & pendant le réfroidiſſement je fis les obſervations ſuivantes.

		Temps employés par B.	
Degrés de chaleur.	Temps employés par A.	ſuivant l'obſervation.	ſuivant la théorie.
112	0 ′	0 ′	0 ′
104	$10\frac{1}{2}$	$5\frac{1}{2}$	$5\frac{1}{4}$
96	$21\frac{1}{4}$	11	$10\frac{5}{8}$
80	$54\frac{1}{2}$	28	$27\frac{1}{4}$
72	81	42	$40\frac{1}{2}$
64	118	61	59
56	194	99	97

Le même jour je répétai l'expérience, & j'obſervai le réfroidiſſement dans un endroit où il n'y avoit d'autre agitation d'ans l'air, que celle qui pouvoit être occaſionnée par le mouvement qu'il falloit faire pour obſerver. En voici le réſultat.

		Temps employés par B.	
Degrés de chaleur.	Temps employés par A.	ſuivant l'obſervation.	ſuivant la théorie.
112	0′	0′	0′
104	10	6	5
100	16	9	8
96	23	12½	11½
92	31	16	15½
88	40	21	20

Le Thermometre plongé dans le petit vaſe étoit au commencement de l'obſervation un peu au-deſſus du degré 112, & c'eſt à quoi il faut attribuer la différence d'une minute qui ſe trouve dans la derniere expérience entre les temps de l'obſervation & ceux de la théorie. Il y avoit auſſi dans la premiere expérience quelque différence entre les premiers degrés de chaleur, mais moins ſenſible. Ainſi, en faiſant une compenſation, nous trou-

verons entre l'observation & la théorie, un rapport exact & d'autant plus surprenant, qu'on ne s'attend pas à une pareille justesse dans des expériences, où l'imperfection des instrumens est un obstacle à l'exactitude Mathématique. En effet, la plus petite erreur dans la construction des Thermometres, une légere mépriſe dans l'observation, ne fût-elle que d'un quart de degré, produiroient une différence sensible entre les temps de l'observation & ceux de la théorie.

Je fis ensuite l'expérience sur des volumes, dont la différence étoit plus grande. Je remplis d'eau deux autres vases, dont l'un contenoit 27 fois autant que l'autre. Ainsi leurs diametres étoient comme 3 à 1. Le réfroidissement se fit dans l'ordre suivant.

		Temps employés par B.	
Degrés de chaleur.	Temps employés par A	suivant l'observation.	suivant la théorie.
108	0' : 00"	0' : 00"	0 : 00"
104	5 : 20	1 : 30	1 : 46
100	10 : 00	3 : 20	3 : 20
96	15 : 45	5 : 05	5 : 15
92	22 : 10	7 : 10	7 : 23
88	30 : 00	9 : 00	10 : 00
84	39 : 00	11 : 15	12 : 20
80	48 : 20	14 : 00	16 : 07
76	57 : 00	17 : 30	19 : 00
64	101 : 00	33 : 10	33 : 40

De toutes les expériences que l'on pourroit faire, soit sur d'autres corps tant solides que fluides, soit dans différens milieux, soit en variant d'une façon quelconque la proportion des masses, je ne doute point qu'il n'en résultât la même conformité avec la régle déterminée par M. Newton.

19. Examinons maintenant si la théorie, qui établit que les corps sont échauffés & réfroidis plutôt ou plus tard, suivant leur moindre ou plus grande densité, est aussi exactement d'accord avec la nature & la vérité. Il est en effet très-

plausible, & l'on pourroit conclure de la force d'inertie de la matiere, que les corps plus rares sont plus facilement altérés que les corps plus denses par le chaud & le froid du milieu environnant. « (*a*) Je soupçonne, dit le Chancelier Bacon, que la nature du *rare* & « du *dense* peut s'accorder avec la disposition plus ou moins grande, à recevoir & à perdre la chaleur & le froid. « Que l'on fasse donc l'expérience si un « corps plus rare ne reçoit & ne perd pas « plus facilement la chaleur & le froid « qu'un corps plus dense. Plus les corps « sont denses, dit M. Boerhaave (*b*), « tant les fluides que les solides, plus il « faut de temps pour que le même feu les « échauffe également ». Et au sujet du réfroidissement, « les corps, dit-il (*c*), « conservent d'autant plus long-temps « la chaleur, qu'ils sont plus denses & « plus pésans, & qu'ils ont plus de masse — (*d*), plus les corps sont denses

(*a*) Bacon, Hist. Dens.
(*b*) Chem. I. *p.* 279. *Voyez* aussi la *p.* 266.
(*c*) *Ibid.* p. 264.
(*d*) *Ibid.* p. 160.

plus long-temps ils retiennent la cha- »
leur reçûe — (*a*) plus il leur faut de »
temps pour se remettre à la premiere »
température. »

Cette loi suivant laquelle les temps employés par les corps pour s'échauffer & se réfroidir sont proportionnels à leurs densités, est une spéculation très-plausible, & à laquelle on est d'abord porté à donner son consentement. On nous assure même qu'elle est confirmée par l'expérience. Voici ce qu'en dit M. Boerhaave (*b*), « comme je méditois sur ce su- »
jet, j'eus occasion d'observer qu'un »
corps étoit échauffé par le même feu, »
d'autant plutôt qu'il étoit plus rare, & »
qu'étant une fois échauffé, il se ré- »
froidissoit d'autant plus lentement qu'il »
étoit plus dense. — Si l'on expose à »
la même chaleur deux vases, dont l'un »
soit rempli d'air, & l'autre d'eau, l'air »
ainsi échauffé sera, je suppose, mille »
fois plus rare que l'eau échauffée de »
même; & autant que l'eau aura été »
plus lente que l'air à recevoir la cha- »

(*a*) *Ibid.* p. 267.
(*b*) *Ibid.* p. 200.

« leur, autant sera-t-elle plus lente à la « perdre ; ensorte que l'air sera mille fois « plus prompt à se réfroidir. — (*a*) Soit « un vase parallelepipede rempli d'eau, « & dans lequel soient plongés d'autres « vases de verre cylindriques, égaux, & « remplis jusqu'à la même hauteur de flui- « des de différentes pésanteurs. Que l'on « applique ensuite le feu au vase, de sorte « que l'eau soit échauffée également, on « verra à l'œil même, que le fluide le plus « léger, & par conséquent le plus rare, « se dilate le plus promptement, & le « fluide le plus dense, le plus lentement « de tous. On trouvera la même chose « en se servant du Thermometre. L'air « s'échauffe le plus promptement, en- « suite l'esprit de vin, puis l'huile de « pétrole bien liquide, l'huile de téré- « bentine, l'eau pure, l'eau salée, les « fortes lessives, les métaux, le vif-ar- « gent, l'or ». Et pour ce qui est du ré-froidissement, il rapporte une expérience semblable avec un résultat pareil. « (*b*) Si « l'on échauffe dans l'eau bouillante, di-

(*a*) *Ibid.* p. 279.
(*b*) *Ibid.* p. 264.

vers corps de différentes péſanteurs, » ils acquierent tous la même chaleur, » celui qui eſt le plus péſant ſe réfroidit » le plus lentement, & celui qui eſt le » plus léger le plus promptement de tous. » Et autant que l'on peut en juger par » les expériences faites juſqu'à préſent : » voici la régle preſque générale à éta- » blir. Le vuide de Torricelli perd dans » un inſtant la chaleur que l'on y excite, » l'air renfermé dans un vaſe perd très- » rapidement celle qui lui a été commu- » niquée, l'eſprit de vin la perd plus len- » tement, l'eau plus lentement que l'eſ- » prit de vin, & le vif-argent encore » plus lentement. Et entre les ſolides, le » bois, les pierres, les métaux, retien- » nent la chaleur ſuivant la même gra- » dation ».

M. Muſſchenbroek (*a*) appuye auſſi cette théorie de pluſieurs conſidérations, & il établit l'ordre ſuivant (*b*). L'air, l'eſprit de vin, l'huile de pétrole, l'huile de térébentine, l'huile de navette, le vinaigre diſtillé, l'eau, l'eau ſalée, l'eau

(*a*) Eſſ. de Phyſ. §. 969.
(*b*) *Ibid.* §. 94.

forte, l'huile de vitriol, l'esprit de nitre, le vif-argent.

18. L'assurance de ces Auteurs fournit une grande preuve de la foiblesse, ou, si j'ose le dire, de la présomption de l'esprit humain, qui, par une précipitation dangereuse, assujettit la nature à des loix qui n'existent que dans son imagination. Cette prétendue régle, suivant laquelle les corps employent à s'échauffer & à se réfroidir des temps réciproquement proportionnels à leurs densités, quelque plausible qu'elle paroisse dans la théorie, n'est point du tout conforme à l'expérience. L'air, à la vérité, s'échauffe & se réfroidit plus promptement qu'aucun autre fluide que je connoisse, mais il s'en faut bien que ce soit dans une aussi grande proportion que l'exigeroit son extrême rareté, eu égard à la densité des autres fluides. L'eau est aussi plus lente à s'échauffer & à se réfroidir que l'esprit de vin & l'huile, mais le mercure, suivant l'expérience que j'en ai faite, & contre ce qui est établi par la théorie, est après l'air le fluide le plus sensible au chaud & au froid, quoiqu'il soit, après

après l'or, le corps le plus denſe de la nature.

Je mis dans un verre 15 onces de mercure, & dans un autre verre de la même forme & grandeur, je mis une quantité d'eau qui peſoit 14 fois moins que le mercure, enſorte que les volumes des deux fluides étoient à peu près égaux; après avoir mis un Thermometre dans chaque verre, je les laiſſai pendant quelque temps à l'air, afin de réduire les deux fluides exactement à la même température; & les deux Thermometres étant préciſément au degré 46, je mis les verres en même-temps & côte à côte devant un grand feu, de telle ſorte que la chaleur pût agir également ſur l'un & ſur l'autre. Après quoi les deux Thermometres qui étoient également ſenſibles, indiquerent les progrès de la chaleur dans l'ordre ſuivant.

	Temps.	Degrés de chaleur de l'eau.	Degrés de chaleur du mercuré.
	0′	46	46
	3	51	56
	6	57	66
	9	62	73
	12	66	78
	15	70	82
	18	73	84
	21	76	86
	24	77½	86½
	27	79	87
	30	80	87
	33	80½	87
	36	81	87
Le feu ayant été remué.	39	82	88
	42	84	90
	45	85	92
	48	87	93 —
	51	87½	93 +
	54	88	93 +
	57	88½	93 +
	60	89	93

Je mis ensuite les deux fluides au même point de chaleur, savoir au degré 89, je plaçai les verres sur une fenêtre où la température de l'air étoit au degré 52, & les Thermometres indiquerent les progrès du réfroidissement dans cet ordre.

	Temps.	Degrés de chaleur de l'eau.	Degrés de chaleur du mercure.
	0 ′	89	89
	3	$85\frac{1}{2}$	$81\frac{1}{2}$
	6	82	76
	9	79	72
	12	76	68
	15	$73\frac{1}{2}$	65
Après un coup de vent.	18	$70\frac{1}{2}$	$61\frac{1}{2}$
	21	68	$59\frac{1}{2}$
	24	66	58
	27	$64\frac{1}{2}$	57
	30	63	56
	33	62	$55\frac{1}{2}$

Nous voyons dans cette expérience, que l'eau au lieu d'acquérir & de perdre une chaleur donnée 13 ou 14 fois plus promptement que le mercure, eſt au contraire environ deux fois plus lente à s'échauffer & à ſe réfroidir, à l'exception de quelques inſtans où elle paroît perdre autant & plus de degrés que le mercure, ce qui vient peut-être de ce que les verres n'étoient pas aſſez minces. Il y a auſſi dans la premiere obſervation quelques irrégularités qui doivent être attribuées à l'inégalité de l'action du feu.

Comme cette expérience se trouvoit si peu conforme à la théorie, soit dans le présent cas, soit dans les applications que j'en fis aux autres corps, je la répétai sur de plus grands volumes avec les mêmes précautions. Je pris environ 48 onces de mercure, & $3\frac{1}{2}$ onces d'eau, ce qui faisoit la proportion environ de $13\frac{1}{2}$ à 1, & des volumes à peu près égaux. Voici quel fut le résultat de la première observation.

Temps.	Degrés de chaleur de l'eau.	Degrés de chaleur du mercure.
0′	48	48
4	52	58
8	$57\frac{1}{2}$	69
12	63	78
16	68	$84\frac{1}{2}$
20	$72\frac{1}{2}$	$89\frac{1}{2}$
24	77	$92\frac{1}{2}$
28	80	95
32	83	$96\frac{1}{2}$
36	85	97
40	87	98
44	89	99
48	91	100
52	$92\frac{1}{2}$	100
56	$93\frac{1}{2}$	100
60	94	$99\frac{1}{2}$

Je mis ensuite les deux fluides au degré 92, je les exposai à l'air, dont la température étoit au degré 51, & le réfroidissement se fit dans l'ordre suivant. Remarquez que l'eau s'évaporoit tant soit peu, & que la vapeur formoit de petites gouttes aux parois du verre.

Temps.	Degrés de chaleur de l'eau.	Degrés de chaleur du mercure.
0'	92	92
4	88	$85\frac{1}{2}$
8	85	$80\frac{1}{2}$
12	82	76
16	$79\frac{1}{2}$	$72\frac{1}{2}$
20	77	$69\frac{1}{2}$
24	75	67
28	73	$64\frac{1}{2}$
32	$71\frac{1}{4}$	$62\frac{1}{2}$
36	$69\frac{1}{2}$	61
40	68	$59\frac{1}{2}$
44	$66\frac{3}{4}$	$58\frac{1}{4}$
48	$65\frac{1}{2}$	57
52	$64\frac{1}{2}$	$56\frac{1}{4}$
56	$63\frac{1}{4}$	$55\frac{1}{4}$
60	$62\frac{1}{4}$	$54\frac{1}{2}$
64	$61\frac{3}{4}$	54
68	61	$53\frac{1}{2}$

19. Comme les parties de l'huile on

plus de tenacité que celles de l'eau, on seroit porté à croire qu'elles admettent & laissent échapper plus difficilement les particules de feu. « Tous les Philoso-« phes, dit M. Boerhaave (*a*), croiroient « que le feu empêché par la ténacité de « l'huile, seroit retenu plus long-temps « dans ce fluide ». D'un autre côté, si l'on considere que l'huile est principalement composée de parties sulphureuses, & si on se rappelle les observations de M. Newton sur la lumiere & la chaleur, on diroit que l'huile est plus propre à attirer & à retenir la chaleur qui lui a été communiquée. Mais combien ne se glisse-t-il pas d'erreurs dans nos foibles spéculations sur la nature des choses. M. Boerhaave établit contre cette théorie, que l'eau est plus lente à s'échauffer & à se réfroidir que l'huile, & que ces deux liqueurs suivent exactement la proportion de leurs densités respectives. « Je pris, « dit-il, deux vases égaux, & je remplis « l'un d'eau, & l'autre d'huile d'olive, « je les mis l'un & l'autre dans un troi-

(*a*) Chem. I. p. 263.

» ième vase rempli d'eau bouillante, & » je les y tins, jusqu'à ce que je fus as- » suré que les deux liqueurs avoient égale- » ment acquis le degré de chaleur de l'eau » bouillante ; alors je les retirai de l'eau, » & je les plaçai à l'air dans le même » endroit, afin d'observer les temps em- » ployés par les deux liqueurs pour se » mettre à la même température, & je » les trouvai proportionnels aux pésan- » teurs des liqueurs ». Mais cette expé- rience même n'est pas exacte, car l'hui- le s'échauffe & se réfroidit, non-seule- ment avec plus de rapidité, mais encore en plus grande proportion que l'inverse des pésanteurs spécifiques, qui est seulement comme 10 à 9. Et il faut remarquer qu'il n'y a pas autant d'uniformité que dans la comparaison de l'eau & du mercure. Dans le commencement la différence est peu considérable, & alors le temps em- ployé par l'eau pour acquérir, ou pour perdre une quantité de chaleur donnée, est d'environ un quart plus grand que celui qui est employé par l'huile, mais la différence augmente de plus en plus, & sur la fin, le temps employé par l'eau

devient double du temps employé par l'huile, comme on le voit dans les expériences suivantes.

Temps.	Degrés de chaleur de l'eau.	Degrés de chaleur de l'huile.
0'	50	50
8	54	54
16	63	66
24	71	78
28	75	83
32	79	88
36	82	93
40	$85\frac{1}{2}$	$96\frac{1}{2}$
44	88	$99\frac{1}{2}$
48	91	102
Le feu diminuant. 52	94	105
56	96	107
60	99	109
64	101	$110\frac{1}{2}$
68	103	$111\frac{1}{2}$
72	104	$111\frac{1}{2}$
76	$104\frac{1}{2}$	$111\frac{1}{2}$

Les deux liqueurs furent mises ensuite au degré 108 & exposées à l'air

dont la température étoit entre le degré 50 & le degré 51, & le réfroidiſſement ſe fit dans cet ordre.

Temps.	Degrés de chaleur de l'eau.	Degrés de chaleur de l'huile.
0'	108	108
4	104	102
8	100	96
12	96½	90
16	94	86
20	91½	81½
24	88½	77½
28	86	74
32	84	72
36	82	70
40	81	68
44	79½	66½
48	78	65
52	76½	63½
56	75	62½
60	74	61½
68	71½	60
76	69½	58½
84	67½	57½

Je répétai cette expérience, & voici le réſultat de la premiere obſervation.

Temps.	Degrés de chaleur de l'eau.	Degrés de chaleur de l'huile.
0'	45	45
4	45 1/2	46
8	49	50
12	52 1/2	55 1/2
16	57 1/2	62
20	61 1/2	69
24	65	74
28	68 1/2	78 1/2
32	71 1/2	82 1/2
36	74 1/2	86
40	77	88 1/2
44	79	90 1/2
48	81	93
52	83	95
56	84 1/2	96
60	86	97
64	87	98
68	88	98 1/2
72	89	99
76	91	100 1/2
80	92	102
84	93 1/2	103
88	94 1/2 3/4	103 1/2 3/4
92	94 3/4	103 3/4
96	95	104

Enſuite je mis les deux liqueurs au degré 96, & après les avoir expoſées à l'air, dont la température étoit au degré

45, le réfroidiſſement ſuivit cet ordre.

Temps.	Degrés de chaleur de l'eau.	Degrés de chaleur de l'huile.
0'	96	96
4	92	90
8	89	85
12	86	80
16	83 1/2	76 1/2
20	81 1/4	73
24	79 1/2	70
28	77 1/2	67 1/2
32	75 1/2	65 1/2
36	74	63 1/2
40	72 1/2	61 1/2
44	71	60
48	69 1/2	58 1/2
52	68	57 1/2
56	67	56 1/2
60	66	55 1/4
68	64 1/2	54
76	62 3/4	52 3/4
84	61 1/4	51 3/4
92	59 3/4	51
100	58 1/2	50 1/2
116	56	49
132	54	48
148	52 1/2	47 1/2
180	50 3/4	46 1/2
212	49	45 1/2
244	47 3/4	45 1/4
276	47	45
340	46	45

20. Je comparai enſuite l'eau & l'eſprit de vin; voici ce qui en réſulta.

Temps.	Degrés de chaleur de l'eau.	Degrés de chaleur de l'eſprit de vin.
0′	52	$52\frac{1}{2}$
4	53	54
8	$56\frac{1}{2}$	$59\frac{1}{2}$
12	61	$65\frac{1}{2}$
16	65	71
20	69	76
24	73	81
28	77	85
32	80	88
36	83	91
40	$85\frac{1}{2}$	$93\frac{1}{2}$
Le feu diminuant 44	88	96
48	90	$97\frac{1}{2}$
56	$92\frac{1}{2}$	$99\frac{1}{2}$
60	94	100
64	95	100

Après quoi je mis les deux liqueurs au degré $95\frac{1}{2}$, & je les expoſai à l'air, dont la température étoit environ au degré 57, le réfroidiſſement ſe fit de la façon ſuivante.

Temps.	Degrés de chaleur de l'eau.	Degrés de chaleur de l'eſprit de vin.
0′	$95\frac{1}{2}$	$95\frac{1}{2}$
4	$91\frac{1}{2}$	$90\frac{1}{2}$
8	88	86
12	85	$82\frac{1}{2}$
16	$82\frac{1}{2}$	79
20	80	$75\frac{1}{2}$
24	78	73
28	76	71
32	74	69
36	$72\frac{1}{2}$	$68\frac{1}{2}$
40	71	67
44	70	$66\frac{1}{4}$
46	69	$65\frac{1}{2}$
52	68	64
68	65	62
84	$62\frac{1}{2}$	$60\frac{1}{2}$

Ainſi nous voyons que l'eſprit de vin s'échauffe & ſe réfroidit, non-ſeulement plus promptement que l'eau, mais encore dans une proportion plus grande que la proportion réciproque des péſanteurs ſpécifiques, ainſi que nous l'avons obſervé de l'huile ; & que le mercure, quoique plus denſe que tous ces fluides, eſt beaucoup plus ſenſible au chaud & au

froid. J'ai fait auſſi la même expérience ſur l'eau-de-vie ordinaire, mais je n'ai pas trouvé qu'elle différât de l'eau à cet égard.

21. C'eſt ſans doute ſur les mêmes principes de la doctrine générale de la force d'inertie, que M. Boerhaave (*a*) & M. Muſſchenbroek (*b*) établiſſent que la puiſſance du milieu environnant pour réfroidir les corps eſt proportionnelle à ſa denſité. « Les corps, dit M. Boerhaave, qui renferment en eux-mêmes une « plus grande quantité de feu que les « fluides environnans, ou que les corps « voiſins, perdent cet excès d'autant plus « promptement que le fluide qui les environne eſt plus denſe. Voici comment « je l'entends.

« Suppoſons qu'il y ait dans des vaſes « différens, de l'air, de l'eau, du vif-argent, « tous exactement à la même température. Soient trois morceaux de fer égaux « & également rougis au feu, que l'un ſoit « réfroidi dans l'air, l'autre dans l'eau, « & le troiſieme dans le mercure. Qu'ar-

(*a*) Chem. I. *p.* 267.
(*b*) Eſſ. de Phyſ. §. 967.

rivera-t-il ? Le fer retiendra long- »
temps ſa chaleur dans l'air, il la perdra »
plus promptement dans l'eau, & plus »
promptement encore dans le vif-argent. »
Et il ſemble qu'autant que l'eau eſt plus »
denſe que l'air, autant le fer ſe réfroidit »
plus promptement dans l'eau que dans »
l'air ; c'eſt-à-dire, 800 fois plus »
promptement dans l'un que dans l'au- »
tre ; & 14 fois plus promptement dans »
l'eau que dans le vif-argent ».

22. Il n'y a aucune de ces ſuppoſi-tions qui ſoit vraye ; & les temps du ré-froidiſſement employés dans les différens milieux, ne ſont pas à beaucoup près auſſi différens qu'on le penſe ; par exem-ple, le temps employé dans l'air n'eſt que 8 fois plus grand que le temps em-ployé dans l'eau, au lieu de 800 fois qu'il devroit l'être ſuivant la théorie ; & le temps employé dans le mercure, au lieu d'être 14 fois moindre que le temps employé dans l'eau, en eſt ſi peu diffé-rent, que cela ne va à guere plus de 2 ſecondes par minute, ſuivant l'expérien-ce que j'en ai faite.

Je fis réfroidir ſucceſſivement à l'air,

dans l'eau & dans du mercure, qui étoient tous à la même température, un petit Thermometre que j'avois échauffé chaque fois jusqu'au degré 112, & j'observai les temps qu'il employoit à perdre dans ces différens milieux 56 degrés de chaleur, ou à descendre au degré 56, qui étoit 4 dégrés plus haut que la température du milieu environnant. Je répétai 4 fois l'expérience, & j'eus les résultats suivans.

Dans l'air	8′: 45″	8′: 30″	8′: 20″	8′: 25″
Dans l'eau	1 : 04	1 : 03	1 : 04	1 : 04
Dans le mercure	1 : 00	1 : 03	1 : 01	1 : 02

23. Cette doctrine du progrès de la chaleur & du froid dans les corps, devroit être examinée & poursuivie dans toutes ses branches par une suite d'expériences, que je n'ai ni le loisir, ni la commodité de faire. Je laisse ce travail à ceux qui sont dans une position plus favorable, & qui sont plus à portée de faire les observations nécessaires pour la perfectionner; & je me contente de leur avoir fourni quelques secours.

ESSAY

ESSAY IV.

Sur l'Hiſtoire naturelle & expérimentale de la chaleur des corps.

I.

De la maniere de ſupputer les différens degrés de chaleur.

1. PLUSIEURS d'entre les Anciens, ont eu des idées fort extraordinaires ſur la nature de la chaleur. Ils ſuppoſoient que dans les divers ſujets elle différoit auſſi-bien par la qualité que par la quantité. Ils parloient pompeuſement de la chaleur céleſte, comme étant diſtincte par ſa nature des chaleurs communément excitées ſur la terre. Et ils penſoient que celles-ci étoient de différentes ſortes dans les différens corps qui les renfermoient. Selon eux la chaleur du feu, celle de l'eau, celle des ſubſtances qui fermentent, étoient d u-

ne nature inférieure & distincte de la chaleur des animaux. Et celle-ci ils la distinguoient en naturelle & non-naturelle, comme deux sortes de chaleur entierement différentes l'une de l'autre, & ils les regardoient encore comme différentes dans les diverses especes d'animaux. Toutes ces distinctions émanées de l'École des Péripatéticiens & adoptées par Galien, furent soutenues par les Médecins qui vinrent après lui, & favorisées par les Chimistes ces *Philosophes par le feu* qui faisoient profession, & se vantoit d'une connoissance plus qu'ordinaire des opérations & des secrets de la chaleur.

2. Gomez Pereira, un des premiers qui ait osé penser librement en Philosophie & en Médecine, hasarda de soutenir (*a*) que toute chaleur, soit élémentaire, soit animale, étoit de la même nature; que la chaleur du Soleil ou toute autre chaleur élémentaire ne différoit de la chaleur animale, que par le degré d'intensité; que la chaleur d'un homme qui

(*a*) Nov. Med. Cap. I I. *p.* 7. 9. Cap. I I I. *p.* 12. 17. 20 23. 24. 25.

a la fievre ne différoit de la chaleur d'un homme qui jouit de sa santé que par son excès ; & que les chaleurs des autres animaux ne différoient, soit entre'elles, soit de la chaleur humaine, que par la quantité & non pas spécifiquement.

3. Le Savant Telesius n'ignorant point qu'il y avoit une grande variété dans les degrés de chaleur des corps, crut qu'il étoit presque impossible d'en déterm ner avec certitude les différences. C'est pourquoi il négligea le soin de cette recherche. « Il ne paroît pas, dit-il (*a*), » qu'on doive rechercher ce que c'est » que la chaleur, qu'elle en est la quanti- » té, & quelles sont les qualités qu'elle » imprime aux corps, ce sont autant de » choses qui semblent ne pouvoir jamais » devenir à la portée des hommes. En » effet, comment pourroit-on partager » en degrés la force de la chaleur, & la » chaleur elle-même, ou appercevoir » distinctement la quantité de matiere » pénétrée par la chaleur, & assigner » à telle force & telle quantité de cha- »

(*a*) De Rer. Nat. 1. 17.

« leur, une action déterminée sur une « telle disposition & une telle quantité « de matiere, & à une telle quantité de « matiere une quantité déterminée de « chaleur ».

Il ne laisse pas cependant de recommander la recherche de toutes ces choses, comme étant en elles-mêmes d'une très-grande importance. « Je souhaite, « continue-t-il, que des gens d'un gé- « nie plus pénétrant, & à qui le sort « permet de fouiller tranquillement dans « les secrets de la nature, veuillent l'en- « treprendre. Afin que les hommes ayent « en leur pouvoir non-seulement la « science, mais encore la jouissance de « toutes les choses ». Tant il désiroit qu'il y eût quelque moyen de mesurer la chaleur, comme il en a été trouvé depuis; quoique dans le fond il fût persuadé qu'il n'étoit guere possible d'y parvenir, du moins avec une certaine exactitude. « Pour moi, ajoûte-t-il, s'il faut « l'avouer ingénuement, doué d'un gé- « nie médiocre & n'ayant pû me livrer à « la Philosophie, que dans les dernieres « années de ma vie, & même sans être en-

core libre de soins & d'affaires, — c'est » assez que je puisse considérer la nature » de la chaleur, sa quantité, sa masse, & » la disposition qu'elle donne aux corps, » non d'une maniere claire & distincte, » mais foiblement & confusément, ne » pouvant appercevoir ni le nombre in- » fini des différences de la chaleur, & » dans sa force, & dans sa quantité, ni » les diversités & les densités de la ma- » tiere; mais seulement en entrevoir quel- » que chose avec confusion ».

4. Le Chancelier Bacon paroît avoir considéré la chaleur avec une attention particuliere, & sa doctrine de *Forma Calidi* (*a*) est un bel exemple, de la maniere dont il faut traiter les sujets Philosophiques. Il trouve qu'il n'y a de différence entre les diverses chaleurs que dans le degré d'intensité, la durée, & les autres accidens, & qu'elles sont toutes du même genre (*b*).

5. Le Thermometre de Sanctorius, inventé environ dans ce temps-là, fit voir que toutes sortes de chaleurs pro-

(*a*) Nov. Org. II. 11. 12. 13. 18. 20.
(*b*) *Ibid.* p. 189. 196. &c.

duisoient la dilatation de l'air, on découvrit bien-tôt le même en effet dans les autres fluides ; & enfin on démontra par des expériences inconteſtables, que les corps les plus ſolides étoient eux-mêmes dilatés par l'application de toutes ſortes de chaleurs, dont les différens degrés répondoient aux différentes dilatations.

6. Mais où faudra-t-il placer le commencement de la chaleur, ou la plus grande condenſation des corps, & les limites entre la chaleur & le froid ? Pluſieurs choſes paroiſſent étranges à la premiere vûe, qui étant examinées mûrement, & après avoir dépouillé les préjugés, deviennent familieres & aiſées, & enfin on vient à ne douter plus de leur vérité. On croit aſſez communément qu'à l'inſtant où l'eau ſe convertit en glace, elle eſt dépouillée de toute chaleur & abſolument froide ; & c'eſt d'après cette opinion, que pluſieurs Phyſiciens ont conſidéré mal-à-propos ce point comme le commencement de la chaleur. Mais ſi l'on fait attention que les différens fluides, comme la cire fondue, le ſuif fondu, l'huile, le vin, l'eau-de-vie, perdent

tous leur fluidité, & qu'enſuite ils peuvent devenir de plus en plus froids dans leur état de ſolidité; on ne ſera point étonné qu'il en ſoit de même de l'eau, & que depuis l'inſtant où elle ſe convertit en glace, elle contracte un froid de plus en plus grand, comme on le déduit de pluſieurs conſidérations. En effet, l'eau, dans l'état de glace, conſerve une quantité conſidérable de chaleur, dont elle eſt dépouillée par degrés, à meſure que le froid augmente juſqu'à devenir inſupportable aux mortels, ce que l'on éprouve dans les pays Septentrionaux, où les hommes ne peuvent vivre ſans des précautions extraordinaires pour ſe garantir de la rigueur extrême de l'Hiver. Il arrive même ſouvent que l'air eſt d'autant de degrés plus froid que le terme de la glace, que ce terme eſt plus froid que la température de notre Été; car on fixe cette température au degré 64, & le terme de la glace au degré 32: or l'on a ſouvent vû le froid au degré 0, qui eſt le commencement de la graduation, où le froid produit par un mêlange de neige & de ſel.

7. Ce n'eſt pas qu'il faille regarder ce degré comme celui du plus grand froid qui ait été obſervé dans la nature, ainſi que paroît le penſer M. Boerhaave (*a*), qui nous dit (*b*), quoique nous ne ſachions point ſur quel témoignage, que c'eſt le plus grand froid qui fût obſervé en Iſlande dans l'Hiver de 1709. Il eſt conſtant qu'on a ſouvent reſſenti un auſſi grand froid, ou à très-peu près, dans des climats aſſez tempérés, & certainement bien plus chauds que celui de l'Iſlande. A Germanopolis dans la Penſilvanie ſous la latitude de 40 degrés, le froid de 1732. fit deſcendre le mercure au degré 5 (*c*); à Paris dans les fameux Hivers de 1709. & 1716. le froid fut ſi grand qu'il auroit fait deſcendre notre Thermometre au degré 8 (*d*); à Leyde, en 1709. le mercure deſcendit au degré 5 (*e*), & à Utrecht un degré plus bas

(*a*) Chem. I. *p.* 162. 164. 166. 399. 400. 593.

(*b*) *Ibid.* p 158. 166. 174.

(*c*) Act. Berol. Cont. IV. *p.* 130.

(*d*) Mem. de l'Acad. des Sc. 1710. *p.* 186. 1717. *p.* 3.

(*e*) Boerh. Chem. I. *p.* 158.

(*a*) ; à Londres, dans les Hivers de 1709. & de 1731. le froid fut auſſi violent que celui qui eſt excité par un mêlange de neige & de ſel (*b*) ; & dans l'année 1709. M. Roemer (*c*) obſerva à Coppenhague ſous la latitude de 55° 43′ un froid qui fit deſcendre le mercure dans ſon Thermometre au degré 0 (*d*).

8. Si nous allons plus avant dans le Nord, quoique en-deçà de la latitude de l'Iſlande, nous trouverons des froids,

(*a*) Muſſch. Tranſ. Phil. 425. *p.* 359.

(*b*) Derham Phil. Tranſ. abr. IV. 2. *p.* 113. VI. 2. *p.* 50.

(*c*) Boerh. Chem. I. *p* 720.

(*d*) M. Boerhaave parle de cette obſervation remarquable de M. Roemer, comme ayant été faite à Dantzich ; mais je crois plutôt qu'elle a été faite à Coppenhague. M. Derham, (Phil. Tranſ. abr. IV. 2. *p.* 114.) avoit entre ſes mains des Mémoires qui rendoient compte de ce grand froid de l'année 1709. à Coppenhague, & qu'il diſoit avoir été faits ſur les obſervations de M. Roemer. Ce qu'il y a de ſûr, c'eſt que M. Roemer étoit en Dannemark, qu'il vivoit à Coppenhague, & y exerçoit des Charges conſidérables, & qu'il y mourut l'an 1710. quoiqu'il en ſoit, ce point de diſcuſſion ne fait rien à la vérité de l'obſervation.

bien plus grands que ceux qui ont jamais été ressentis dans nos climats. Au mois de Janvier 1732. le froid fut si grand à Upsal, que l'esprit de vin descendit, dans un Thermometre de la Société Royale, au degré 124, qui répond sur le Thermometre de Fahrenheit environ à un degré au-dessous de 0. Et à Petersbourg, sous la latitude de 59° 56′, qui est à peu près la même que celle d'Upsal, le froid fut si excessif en 1733. que le mercure fut condensé de la 50me partie du volume qu'il occupe au degré de l'eau bouillante, & descendit au degré 200 du Thermometre (a) de M. Delisle; ce qui revient sur notre Thermometre à 28 degrés au-dessous de 0. Nous savons, en général par les relations des Voyageurs, l'horrible froid qu'il fait en Hiver dans plusieurs pays voisins des deux Zones glaciales. Mais il y a peu de ces observations qui puissent être rapportées à une mesure déterminée, si l'on excepte celles qu'on trouve dans le Journal du Voyage fait sous le cercle polaire par

(a) Phil. Trans. 441. *p.* 222.

les Académiciens François pour la détermination de la figure de la Terre ; M. de Maupertuis (*a*) nous dit qu'à Torneao, où ils paſſerent l'Hiver de 1737. ſous la latitude de 65° 51′ l'eſprit de vin ſe glaça dans leurs Thermometres, & qu'un Thermometre de mercure, conſtruit ſuivant les principes de M. de Reaumur, deſcendit 37 degrés au-deſſous du terme de la congellation, ce qui revient ſur le Thermometre de Fahrenheit environ à 33 degrés au-deſſous de 0. M. de Maupertuis ajoûte que lorſqu'ils introduiſoient l'air extérieur dans leur chambre ils pouvoient à peine en ſupporter le froid exceſſif, leurs poumons en étant comme déchirés, & qu'à l'inſtant même les vapeurs répandues dans la chambre étoient converties en tourbillons de neige. Ainſi, en comptant les degrés $33 + 32 = 65$ compris entre ce froid & le terme de la glace, il s'en trouve juſtement autant qu'il y en a entre le terme de la glace & la chaleur humaine, qui eſt au degré $97 = 32 + 65$.

(*a*) Fig. de la terre. *p.* 58.

9. Quelqu'étonnant que ſoit ce froid preſqu'inconcevable, l'art peut en produire de plus violens, même dans les climats tempérés ; car nous avons le pouvoir d'étendre l'intenſité du froid fort au-delà des bornes où s'arrête la nature. Il y a pluſieurs ſubſtances qui, dans l'inſtant où on les mêle enſemble, acquierent un froid beaucoup plus grand que celui qu'elles avoient ſéparément l'une de l'autre. Par exemple, l'eſprit de nitre étant verſé ſur de la neige, ou de glace pilée, en augmente conſidérablement le degré de froid ; & Farhenheit a porté un pareil mêlange dans un temps où la température de l'air étoit au degré 32, juſqu'au 40me degré au-deſſous de 0, ou 72 degrés plus bas que le terme de la glace (*a*), ce qui eſt encore plus fort que le froid obſervé près du cercle polaire. Ainſi le nombre des degrés, compris entre ce froid & le terme de la glace, eſt égal au nombre des degrés compris entre le terme de la glace & le dernier période de la chaleur

(*a*) *Voy.* Boerh. Chem. I. *p.* 162. Muſſchenbr. Tent. Exp. Acad. Cim. add. *p.* 174.

humaine, ou la chaleur de la fievre. Jamais la ſpéculation auroit-elle conduit à une vérité auſſi ſurprenante.

10. Encore ne pouvons nous pas dire que dans ces circonſtances toute la chaleur fût détruite. Nous ſommes ſûrs qu'elle ne l'étoit pas à Torneao pendant le froid horrible qu'éprouverent les Académiciens François ; & dans le mêlange même de Fahrenheit, il pouvoit y avoir, & probablement il y avoit encore quelque degré de chaleur. Mais ſi l'on réuniſſoit toutes ces circonſtances, ſi l'expérience de Fahrenheit étoit faite ſous la Zone glaciale, quelle effet ne produiroit-elle pas, & combien le froid ne ſeroit-il pas augmenté ? (*a*) Ainſi, faute de connoî-

(*a*) Pendant que j'étois à Paris, on me fit part de quelques obſervations extraordinaires, qui avoient été communiquées de Pétersbourg à l'Académie des Sciences, par M. Deliſle, ſur les froids exceſſifs qu'il fait à Kirenga, place de la Sibérie, quoiqu'elle ne ſoit qu'à 58° 10′ de latitude. Dans l'Hiver de 1738. le mercure y deſcendit au degré 275 du Thermometre de M. Deliſle, qui répond ſur le nôtre au degré 118 au-deſſous de 0. C'eſt l'obſervation la plus étonnante que nous ayons dans

tre les dernieres limites de la chaleur & du froid, nous ne saurions déterminer la proportion Géométrique, qui est entre les quantités absolues de chaleur de deux différens corps. Tout ce que nous pouvons faire, c'est d'en assigner les différences, en faisant une suite d'observations exactes sur les dilatations produites dans les corps par les différens degrés de chaleur, lesquelles sont toujours correspondantes aux quantités de feu, ou de chaleur appliquées à ces corps; enforte que dans le cours ordinaire on peut regarder ces deux choses comme proportionnelles, toutefois avec quelque restriction, & sans prétendre assurer que la proportion entre les dilatations, soit exactement la même que la proportion entre les quantités de chaleur appliquées.

11. Quand on dit (*a*) que la chaleur

ce genre, supposé qu'elle ait été bien faite. Ainsi ce froid étoit 150 degrés au-dessous du point de la congellation : chose presqu'incroyable : un froid autant au-dessous du point de la congellation de l'eau, que ce froid est au-dessous de la chaleur de l'esprit de vin bouillant.

(*a*) *Voy.* Newt. Princ. *p.* 508. & Phil. Transf. abr. IV. 2. *p.* 2. 3. Pitcaira El. Med. II. 1. §. 26.

du fer rougi eſt trois ou quatre fois plus grande que celle de l'eau bouillante, & que la chaleur de l'eau bouillante eſt trois fois plus grande que la chaleur humaine, on ſuppoſe que les dernieres limites de la chaleur ſont au point de la congellation de l'eau, & l'on exprime ces proportions par celles que l'on obſerve entre les dilatations correſpondantes du mercure, de l'huile de lin, ou de telle autre liqueur avec laquelle le Thermometre eſt conſtruit; mais abſolument parlant, les véritables quantités de ces chaleurs ne ſont pas dans une ſi grande proportion. Par exemple, la chaleur de l'eau bouillante éleve le mercure au degré 212, ou 180 degrés au-deſſus du point de la congellation, & la chaleur humaine ne l'éleve qu'au degré 97, ou 98, c'eſt-à-dire, 65 ou 66 degrés au-deſſus du même point de la congellation; ainſi la dilatation produite depuis le point de la congellation par la chaleur de l'eau bouillante, eſt à la dilatation produite depuis le même point par la chaleur humaine, comme 180 eſt à 66, comme 2,73 eſt à 1; ce qui fait un peu moins

que la proportion triple. Mais les chaleurs absolues correspondantes à ces dilatations ne sont point dans une si grande proportion; car si nous supposons que le mêlange de glace & d'esprit de nitre de Fahrenheit, où le degré — 40 est le premier terme de la chaleur, quoiqu'il y ait lieu de croire que ce terme est encore bien au-dessous, nous trouverons que la chaleur de l'eau bouillante sera alors à la chaleur humaine, comme 212 + 40 à 98 + 40, comme 252 à 138, comme 1, 83 à 1; ce qui ne fait pas tout-à-fait la proportion double. Qui auroit crû, avant l'examen que nous venons de faire, que la chaleur destructive de l'eau bouillante n'étoit pas tout-à-fait double de la chaleur tempérée du corps humain? Suivant la même supposition, la chaleur de fer rougi, au lieu d'être dix ou douze fois plus grande que la chaleur humaine, sera à cette chaleur, comme 700 à 138, comme 5 à 1. On voit donc qu'en supposant les dernieres limites de la chaleur 72 degrés au-dessous du point où on les suppose ordinairement, on diminue de beaucoup la proportion

entre

entre les quantités réelles des différens degrés de chaleur qui ont été observés. Cependant je suis éloigné de croire que cette proportion soit aussi petite que le veut M. Amontons. Suivant le système de cet Auteur (*a*), si l'air étoit dépouillé de toute chaleur, il seroit entierement privé de son élasticité, ce que je ne crois pas que l'on puisse assurer, & le froid qui devroit être excité pour cela, reviendroit en rapportant son Thermometre au nôtre à 431 degrés au-dessous du point de la congellation de l'eau, ou bien au degré — 400 à peu près. Or, un tel froid seroit autant au-dessous de la chaleur humaine, que cette chaleur est au-dessous de l'huile, ou du mercure bouillans. Ne pouvant donc déterminer avec certitude le premier terme de la chaleur, il faut nous contenter, comme nous l'avons déja dit, de l'observation des différences, & renoncer à déterminer la proportion entre les quantités absolues des degrés de chaleur jusqu'à ce que nous ayons sur la nature des choses des connoissances

(*a*) Mem. de l'Acad. des Scienc. ann. 1702. *p.* 8. 1703. *p.* 63. 64. 238.

plus étendues que nous n'en avons actuellement. Il eſt bon de connoître les limites de nos facultés, & d'avouer humblement combien nos connoiſſances ſont bornées, ayant ſans ceſſe préſente à l'eſprit l'excellente réflexion du Chancelier Bacon (*a*), « l'homme Miniſtre & interprete de la nature, ne fait & ne connoît rien qu'à proportion de ce qu'il éprouve, ou qu'il obſerve, & il ne peut ni ne fait rien de plus ». Ce n'eſt que par cette route d'expérience & d'obſervation, que ce grand homme nous trace, que nous pouvons parvenir à augmenter le nombre de nos connoiſſances.

II.

De la chaleur de l'air.

12. Dans la recherche que nous venons de faire (*b*) du premier terme de la chaleur que nous n'avons pû atteindre, nous avons vû que le froid étoit ſi monſtrueux dans certains pays, que les ha-

(*a*) Nov. Org. I. 1.
(*b*) §. 6. — 10.

bitans pouvoient à peine se garantir de sa rigueur, & qu'il étoit insupportable aux animaux & aux végétaux. Aussi les Anciens pensoient-ils que les pays voisins des deux cercles polaires étoient inhabitables, à cause du froid excessif qui y régnoit (*a*). « Cet engourdissement de la nature, nous dit Macrobe (*b*), » suspend la vie des animaux & des » plantes ». *Dans ces campagnes arides où aucun arbre n'est réchauffé par les zéphirs* (*c*).

Ces froides contrées sont en effet très-peu peuplées, quoiqu'elles ne soient pas entierement inhabitées, & il ne faut pas en être étonné, les habitans de ces malheureux climats sont obligés, pendant l'Hiver, de s'enterrer dans leurs retraites. Les bêtes, quoique pourvûes pour la plûpart d'épaisses fourrures, s'éloignent autant qu'elles peuvent de ce froid mortel, mais souvent elles y succombent.

(*a*) ἀνοίκητοι διὰ ψῦχος. Diog. Laert. VII. 156.

(*b*) *In Somn. Scip. II.* 5. p. m. 110.

(*c*) *Pigris ubi nulla campis arbor æstiva recreatur aura.* Horat. Carm. I. 22.

Les végétaux périroient eux-mêmes, sans la neige sous laquelle ils sont ensevelis à une si grande profondeur, que le froid extrême ne peut les atteindre. Nous éprouvons souvent combien, au défaut de cet abri, les violentes gelées sont fatales aux plantes; & dans nos pays même les plus tempérés, nous voyons que dans les Hivers rigoureux, quoiqu'il y ait assez de neige pour garantir les plantes basses, les arbrisseaux & les arbres sont toujours fort endommagés. Cela est arrivé de nos jours dans toute l'Europe, pendant les Hivers de 1709, 1729 (*a*), &c. que les Thermometres descendirent si bas, comme nous avons déja dit.

13. Dans nos climats tempérés, nous regardons de pareils froids comme une sorte d'irrégularité; & dans le cours ordinaire il est rare que le mercure descende au-dessous du degré 16. Alors même le froid est extraordinaire. Ainsi, suivant la construction de notre Thermometre où le point de la congellation est au-de-

(*a*) Phil. Transf. abr. IV. 2. *p.* 120. &c. Mem. de l'Acad. des Sc. 1710. *p.* 186. Hales Veg. Stat. *p.* 74. *& suiv.*

gré 32, nous pouvons placer les limites du froid ordinaire aux degrés 40 & 24.

14. La moyenne température de l'air dans notre pays eſt environ au degré 48, on peut dire alors que le temps n'eſt ni chaud ni froid, & c'eſt à peu près le milieu de toutes les ſaiſons, & la température du Printemps & de l'Automne. C'eſt ce qui a été obſervé en Angleterre par M. Newton & par le Docteur Hales, & en Hollande, par M. Crucquius. En France, cette température eſt quelques degrés plus haut, & on la détermine ordinairement par celles des caves de l'Obſervatoire, qui eſt, ſuivant les obſervations, environ au degré 53 de notre Thermometre. Nous concevons, en effet, qu'il doit y avoir de la variété dans la détermination de cette température, ſuivant les différens pays, & qu'il faut la conſidérer comme quelque choſe de relatif aux climats & à la conſtitution des habitans différemment diſpoſés par l'habitude. Ainſi, dans les pays froids, l'air paroît tempéré depuis le degré 40 juſqu'au degré 50, dans notre climat & dans notre voiſinage vers le Sud, ce ſera

depuis le degré 50 ou un peu au-dessous jusqu'au degré 60; & dans les pays chauds aux environs du degré 70.

15. Lorsque le temps se met au-dessus ou au-dessous de cette température, tous les animaux cherchent à se garantir le mieux qu'ils peuvent. Pendant le froid ils se retirent dans les maisons, les antres, les tanieres, &c. & nous, outre les précautions que nous prenons pour nous-mêmes, nous pourvoyons à la conservation des bêtes. Pendant la chaleur, nous quittons plus souvent nos demeures, mais l'ardeur du Midi nous y ramene, & nous cherchons, pour l'éviter, les lieux les plus frais de nos maisons où elle se fait toujours sentir moins vivement qu'en plein air. Enfin plusieurs especes d'oiseaux changent de climat dans les différentes saisons de l'année, & se trouvent toujours, par ce moyen, dans une température proportionnée à leur constitution.

16. Cependant le même degré de chaleur ne convient pas également à tous les animaux, il y en a qui choisissent naturellement les pays froids, pen-

dant que d'autres se plaisent davantage dans les pays chauds. Il en est de même des plantes; & quoique nous croyons, avec le Docteur Hales (*a*), qu'en général la chaleur la plus convenable aux plantes, est depuis le degré 53 jusqu'au degré 69, il est vrai de dire qu'il y a pour les diverses classes différentes températures où elles profitent le mieux. Tout le monde sait que certaines plantes ne peuvent vivre que dans les pays froids, & que d'autres plantes naturelles aux pays chauds périroient lorsqu'elles sont transplantées dans nos climats, sans les grandes précautions que l'on prend pour les garantir du froid. Cette partie de la culture des plantes que le Chancelier Bacon (*b*) avoit proposée depuis long-temps, est portée aujourd'hui au plus haut point, par la facilité que nous donne le Thermometre, d'imiter dans nos étuves & dans nos serres la température de toute sorte de climats, & d'y entretenir dans toute sa vigueur la végétation des plantes que la

(*a*) Veg. Stat. *p.* 59.
(*b*) Nov. Org. II. 35. *p.* 254. 50. *p.* 318. Nat. Hist. 401. 405. 412. 856.

nature a appropriées aux pays chauds. J'ai rapporté sur notre Thermometre les degrés de chaleur propres à quelques-unes des plantes étrangeres les plus curieuses, d'après les observations de nos Jardiniers de Londres, sur le Thermometre de M. Fowler, & j'ai trouvé pour le mirte 44°, pour l'oranger 47°, pour le ficoides 50°, pour le ficus indica $53\frac{1}{2}$°, pour l'aloes 57°, pour le cierge 60°, pour l'euphorbe 63°, pour le piment 66°, pour l'ananas 60°, pour le mélocactus 73°.

Ce n'est pas que ces plantes ne puissent subsister à d'autres degrés que ceux qui leur sont assignés ici. Leur chaleur végétative, comme celle des autres plantes, & comme la chaleur animale, est renfermée entre des limites d'une certaine étendue, & nous avons seulement indiqué les degrés qu'on a observé leur convenir le mieux. Je soupçonne cependant que parmi ces degrés il y en a qui sont trop bas & qui ne répondent pas à la température des climats naturels aux plantes. Il est vrai qu'étant exposées à l'air libre, elles peuvent supporter de

plus grandes chaleurs que dans nos ſerres renfermées.

17. La chaleur ne commence à ſe faire reſſentir dans nos climats que depuis le degré 64, & elle eſt exceſſive pour nous lorſqu'elle eſt au degré 80. M. Boerhaave (*a*) croyoit qu'elle ne pouvoit guere aller qu'à 80 ou 90 degrés, & qu'alors même elle étoit mortelle aux animaux. Cependant elle a été quelquefois plus loin, même dans ces climats tempérés. J'ai trouvé des obſervations faites à Utrecht, à Paris, à Padoue, par leſquelles il conſtoit que la chaleur avoit paſſé le 90me degré de notre Thermometre. Dans le climat tempéré de la Penſilvanie la chaleur de l'Été de 1732. alla une fois juſqu'à 96 ou 97 degrés (*b*). Et M. de Reaumur (*c*) nous parle de la chaleur que certaines perſonnes ſont obligées de ſupporter & qui va à 38 degrés de ſon Thermometre, c'eſt-à-dire, à 104 du nôtre. Dans des pays même plus

(*a*) Chem. I. 156. 192. 207. 213. 274. 278. 553.

(*b*) Act. Berolin. Cont. IV. *p.* 131.

(*c*) Mem. de l'Ac. des Sc. 1736. *p.* 486. 489.

ſeptentrionaux, & où le Soleil a moins de force, on peut donner une preuve évidente que les animaux ſubſiſtent à une température qui ſurpaſſe la plus grande chaleur de l'air. Par exemple, aux bains d'Edimbourg, la température ordinaire du bain extérieur eſt à 90 degrés, & quoiqu'en y entrant on reſſente d'abord une grande chaleur, & qu'on la trouve un peu incommode, cependant bien-tôt après elle devient ſupportable, & l'on pourroit y durer ſans incommodité auſſi long-temps qu'on le trouveroit à propos. On peut même ſoutenir pendant des heures entieres la chaleur du bain intérieur, quoiqu'elle ſoit environ à 100 degrés.

18. Toutes ces conſidérations nous donnent lieu d'admirer avec quel art chaque choſe a été ménagée & diſpoſée, par le grand & ſage Auteur de la nature, & qu'elle eſt la vaſte étendue de chaleur entre les limites de laquelle le corps animal, & principalement celui de l'homme peut ſubſiſter, depuis le degré égal, & même ſupérieur à la chaleur animale, juſques fort au-deſſous du degré qui congelle l'eau; quoiqu'à la vérité le milieu

de cette étendue soit la chaleur la plus agréable & la plus convenable aux animaux & aux végétaux.

19. Plusieurs des Anciens croyoient qu'il n'y avoit de pays habitables par les hommes, que ceux qui étoient situés sous les zones tempérées. (*a*) *Accordées à l'infirmité des hommes par la bonté des Dieux.* « Ce sont les seuls, dit Ma- » crobe (*b*), où la nature permet aux » hommes de vivre ». Car, suivant ce que l'on avoit oui-dire des chaleurs excessives de la zone torride, on la regardoit aussi comme inhabitable (*c*). D'où vient qu'Ovide, parlant des zones de la terre, dit (*d*), *celle qui occupe le milieu n'est point habitable à cause de la chaleur.* Virgile dit aussi (*e*), *l'une est sans cesse enflammée par l'ardeur du Soleil & tou-*

(*a*) *Mortalibus ægris munere concessæ divum.* Virg. Georg. I. 237.

(*b*) *In Somn. Scip. II.* p. m. 110.

(*c*) ἀνοίκητος ὑπὸ καύματος. Diog. Laert. VII. 156

(*d*) *Quarum quæ media est non est habitabilis æstu.* Metam. I. p. 49.

(*e*) *Quarum una corusco semper sole rubens & torrida semper abigni.* Georg. I. 234.

jours brûlée par le feu. Et Horace, dans une de ces images poëtiques, qui lui sont familieres, se transporte (*a*) *sous le char brûlant du Soleil dans cette terre inhabitée.* Tibule exprime encore plus clairement la position de cette partie de la terre, & ses inconvéniens (*b*). *Celle du milieu est toujours exposée à la chaleur de Phœbus. La terre n'y offre point les sillons de la charrue, les champs ne font voir ni moissons, ni pâturages. Bacchus, Cerès, aucun Dieu n'habite cette contree. Tous les animaux fuyent ces climats brûlés.*

Mais cette opinion, suivant que je l'imagine, n'étoit reçûe que parmi le peuple, & étoit mise au rang des erreurs vulgaires; & si les Poëtes paroissoient l'adopter, c'étoit comme une belle fic-

(*a*) *Sub curru nimium propinqui*
Solis in terra domibus negata. Carm. I. 22.
(*b*) *Media est phœbi semper subjecta calori,*
Non ergò presso tellus consurgit aratro,
Nec frugem segetes præbent, nec pabula terræ,
Non illic colit arva Deus, Bacchusve, Cereſve,
Nulla nec exustas habitant animalia partes.

tion à laquelle on ne peut guere supposer qu'ils ajoûtassent réellement foi : les personnes raisonnables, quoiqu'elles ayent quelquefois parlé le langage vulgaire, jugeoient plus sainement des choses (*a*). On trouve dans les Historiens & dans les Géographes anciens des descriptions assez exactes de plusieurs pays voisins des Tropiques. L'Éthiopie, l'Arabie heureuse, les côtes de la mer de l'Inde, l'Isle de Taprobane, Ophir, Tarshish, &c. étoient regardés par le peuple même, comme des pays habités, quoique situés sous la zone torride. Et l'on ne voit pas plus dans les anciens Voyageurs que dans les nôtres, qu'ils ayent représenté ces contrées comme nuisibles, ou peu convenables à la vie des hommes. Or, il est constant que les chaleurs de ces climats ne sont point aussi fortes qu'on seroit porté à le croire. Les observations des Jésuites Missionnaires des Indes (*b*), dont la capacité & l'e-

(*a*) *Voyez* Cicer. somn. Scip. 6. Macrob. In somn. Scip. II. 5. 6. 7. Diog. Laert. VII. 156.

(*b*) *Voyez* Duhamel, Hist. de l'Acad. des

xactitude ne ſont ſuſpectes à perſonne, ne permettent pas d'en douter. Et l'on en a eu depuis peu une confirmation dans les obſervations de M. Coſſigny (*a*), ſuivant leſquelles les chaleurs ordinaires proche la ligne & ſous la ligne même, ne ſont pas plus exceſſives que certaines chaleurs extraordinaires obſervées à Paris & ailleurs, & que tout le monde ſait être ſupportables.

20. Il eſt vrai que toutes ces obſervations ayant été faites dans des Iſles, ou proche les côtes de la mer, il y a lieu de préſumer que la chaleur eſt plus conſidérable dans l'intérieur des terres (*b*), mais nous pouvons toujours en conclure, que celle-ci même eſt ſupportable. D'ailleurs ces contrées ont un avantage ſur les nôtres, c'eſt que le temps y eſt beaucoup plus uniforme. L'air y ſouffre très-peu de changemens, ſoit du côté

Scien 1666 — 1698. II. *p.* 111. 112. Mem. de l'Acad. des Scien. 1696 — 1698. VII. *p.* 835.

(*a*) Mem. de l'Acad. des Scien. 1733. *p.* 580. &c 1734. *p.* 759. &c.

(*b*) *Voyez* les Mem. de l'Acad. des Sciences. 1666 — 1698. VII. *p.* 837.

de la pésanteur de l'atmosphere, soit du côté de la chaleur. Nous apprenons du Docteur Halley (*a*) & de tous ceux qui ont habité près des Tropiques (*b*), que les variations du Barometre qu'on sait être de 2 ou 3 pouces dans les pays septentrionaux, sont très-petites dans ces climats. Et l'on verra, par les observations suivantes, combien la température de l'air est uniforme dans la zone torride. A Siam, sous la latitude de 15°, les P P. Jésuites ne trouverent entre le plus grand froid & la plus grande chaleur, qu'une différence de 26 degrés du Thermometre de Hubin (*c*), qui reviennent à peu près au même nombre de degrés de notre Thermometre; à Batavia (*d*), qui est à 6 degrés de latitude méridionale, & où il fait extrêmement chaud, on a trouvé que cette différence étoit un peu moindre; à Malacca (*e*), sous la la-

(*a*) Phil. Transf. abr. II. *p.* 18. 20. 22.
(*b*) Mem. de l'Acad. des Sc. 1666 — 1698. VII. *p.* 40.
(*c*) Duham. Hist. de l'Acad. des Sc. *p.* 272.
(*d*) *Ibid. p.* 273.
(*e*) *Ibid.*

titude de deux degrés, le temps est si uniforme & si tempéré, que pendant l'espace de 7 mois le Thermometre n'alla pas au-dessus du degré 70, ni au-dessous du degré 60 ; dans l'Isle de Bourbon (*a*), sous la latitude d'environ 22°, la différence entre la plus grande & la moindre chaleur de l'après-midi, observées pendant l'espace d'un an, ne fut que de 8 degrés du Thermometre de M. de Reaumur, qui en font à peine 15 du nôtre. La différence entre la chaleur du jour & celle de la nuit, est aussi très-petite dans ces climats en comparaison des nôtres (*b*). Ainsi le climat de la zone torride surpasse le nôtre dans l'uniformité de la chaleur & du poids de l'atmosphere, & le nôtre surpasse celui de la Suede, de la Laponie & des autres pays Septentrionaux (*c*). D'où il me semble que l'on pourroit déduire une regle générale ; savoir, que

(*a*) Mem. de l'Acad. des Scien. 1734. *p.* 762.
(*b*) *Ibid.* 1666 — 1678. VII. *p.* 837. 1733. *p.* 537.
(*c*) *Voy.* Phil. Transf. abr. II. *p.* 22. Maupert. Fig. de la Terre. *p.* 72.

que toutes choſes d'ailleurs égales, l'étendue des viciſſitudes de l'air augmente en même-temps que la latitude, ou la diſtance de l'équateur.

III.

De la chaleur relative du Soleil, de la Terre, des Planetes & des Cometes.

21. Nous avons juſqu'ici ſuppoſé l'air à l'abri de l'influence immédiate du Soleil; mais ſi nous le conſidérons comme étant expoſé à la plus grande force des rayons directs de cet aſtre, nous le trouverons beaucoup plus chaud que dans aucunes des obſervations que nous avons rapportées, & cet examen nous conduira naturellement à la conſidération de la chaleur du Soleil, ce magaſin inépuiſable de lumiere & de feu, & de ſon influence ſur les corps qui en ſont à des diſtances différentes.

M. Newton (*a*) comparant les influences du Soleil ſur la Terre & ſur Mercu-

(*a*) Princip. III, Prop. 8. Cor. 4. *p.* 406.

re, établit que la chaleur excitée par le Soleil sur cette derniere Planete, est sept fois plus grande que la chaleur excitée sur la terre ; & que cette chaleur feroit bouillir l'eau & la dissiperoit promptement toute en vapeurs, ayant trouvé par le Thermometre, que la chaleur de l'eau bouillante étoit sept fois plus grande que la chaleur du Soleil d'Été, qui, dans ce calcul n'est que de $58° = 32 + \frac{180}{7}$. Mais cette expression, *la chaleur du Soleil d'Eté*, doit être interprétée par l'examen du véritable état des choses, & il faut non-seulement que M. Newton n'ait entendu parler que des degrés de chaleur au-dessus du point de la congellation, suivant la façon de penser d'alors, mais encore qu'il n'ait considéré que la chaleur de l'air à l'abri de l'influence directe des rayons du Soleil, ainsi que s'explique le Docteur Pitcairn (*a*), qui, sans doute, a tiré de M. Newton les réflexions qu'il fait sur ce sujet. Cependant j'avoue que ce seroit une maniere fort impropre de comparer les cha-

(*a*) Elem. Med. II. 1, §. 26.

leurs du Soleil sur la Terre & sur Mercure, à moins que l'on ne suppose que la chaleur sur Mercure est considérée avec les mêmes conditions ; mais ce seroit encore un moyen peu convenable pour déterminer cette proportion, que de considérer l'air dans un état où l'action du Soleil peut avoir tant d'irrégularités.

22. La chaleur excitée par la plus grande force des rayons du Soleil d'Été est en effet beaucoup plus grande que dans l'estime que nous venons de déduire de l'expression de M. Newton, & dans ces climats même, quoiqu'assez septentrionaux, cette chaleur dilate le mercure d'un 7me de la dilatation produite par le degré de l'eau bouillante. M. Boerhaave, qui est celui qui met cette dilatation au plus bas pied, dit dans un endroit (*a*) que la plus grande chaleur produite par l'action directe du Soleil sur l'air, ou sur les autres corps, peut atteindre au degré 84 ; & dans un autre endroit (*b*) il convient que les chaleurs brûlantes de la canicule peuvent porter

(*a*) Chem. I. *p.* 213.
(*b*) *Ibid.* p. 156.

le Thermometre au degré 90, quoiqu'il ajoûte que la chaleur ne peut guere paſſer ces limites, & parvenir juſqu'au degré de la chaleur du corps humain. Mais M. Newton lui-même, dans un autre endroit de ſon Livre (*a*), nous dit expreſſément qu'il n'a trouvé la chaleur de l'eau bouillante, que 3 fois plus grande que la chaleur communiquée à la Terre par le Soleil d'Été, & M. Muſſchenbroek (*b*) croit pareillement que la chaleur de l'eau bouillante eſt ſeulement 3 fois plus grande que n'eſt en Hollande la plus forte chaleur communiquée aux corps par le Soleil d'Été. Il s'enſuivroit donc que cette chaleur du Soleil eſt de $92^{\circ} = 32 + \frac{180}{3}$; ce qui ne ſeroit pas fort éloigné des obſervations de Borelli (*c*) & de Malpighi (*d*), qui trouverent que dans l'Italie même, la plus forte chaleur du Soleil, au milieu de l'Été, n'étoit pas plus grande que la chaleur des entrailles des animaux, que je mets environ au degré 102.

(*a*) Princip. *p.* 508.
(*b*) Tent. Acad. Cim. add II. *p.* 22.
(*c*) De motu anim. II. Prop. 96. 221.
(*d*) Op. Poſth. *p.* 30.

23. Quoique ces supputations soient ordinairement assez conformes à la vérité, il ne faut pas cependant en conclure qu'elles soient applicables à tous les temps & à tous les lieux. Le Chancelier Bacon (*a*) avoit remarqué depuis longtemps que le plus grand degré de la chaleur animale atteignoit à peine à la chaleur des rayons du Soleil dans les saisons & dans les climats brûlans; & j'ai trouvé dans ce pays-ci même, que la chaleur du Soleil étoit quelquefois plus grande. Il n'est personne qui n'ait pû s'en appercevoir tout comme moi, & plusieurs, entr'autres M. Newton (*b*), avoient déja remarqué que les métaux acquéroient une chaleur considérable au Soleil; j'en fis l'expérience ici sous la latitude de 56° 20′ sur un morceau de fer qui s'étoit tellement échauffé au Soleil, qu'il ne m'étoit pas possible de le tenir dans ma main au-delàde quelques secondes; ainsi il avoit une chaleur beaucoup plus grande que celle de mon sang. J'ai observé aussi plus d'une fois, que la Terre avoit contracté

(*a*) Nov. Org. II. 13. *p.* 192.
(*b*) Princip. *p.* 420.

au Soleil une chaleur au-dessus du degré 120. Le Docteur Hales (*a*) observa en l'année 1727. une chaleur encore plus grande, & qui alloit environ au degré 140. Et M. Musschenbroek (*b*) en a observé une autre rapportée parmi ses dernieres expériences qui étoit de 150 degrés. Ainsi, en comptant les degrés de chaleur, comme nous avons fait depuis le point de la congellation, ou le degré 32; ces chaleurs observées étoient les unes plus grandes que le tiers, & les autres plus grandes que la moitié de la chaleur de l'eau bouillante. On a trouvé que cela alloit encore plus loin dans les pays plus méridionaux & dans certains temps. On (*c*) rapporte des choses étranges sur la chaleur brûlante & insupportable du Soleil dans la zone torride & sur les effets de cette chaleur excessive, comme de grands trajets des pays embrasés, de pierres fondues, &c. ce qui paroît bien extraordinaire. Mais les annales

(*a*) Veget. Stat *p.* 59.
(*b*) Eff. de Phis. §. 974.
(*c*) *Voyez* Boyle, Hist. de l'air. Abr. III. *p.* 55.

d'Allemagne (*a*) conſervent la mémoire d'une chaleur exceſſive qui ſe fit ſentir en l'année 1230. & qui fut telle que l'on faiſoit cuire des œufs dans le ſable à l'ardeur du Soleil; & j'ai oui-dire qu'en Egypte, quoique ce ne ſoit pas le climat le plus chaud de la Terre, on pouvoit faire cuire des œufs ſur les toits des maiſons. Or, j'ai trouvé que pour durcir le blanc d'œuf il falloit une chaleur d'environ 156 degrés. En l'année 1705. l'Été fut ſi chaud, qu'un jour à Montpellier (*b*) le mercure fut porté ſur le Thermometre de M. Amontons au degré même de l'eau bouillante, qui eſt le 212me de notre Thermometre.

24. Dans le fond, ces chaleurs exceſſives peuvent être regardées comme des irrégularités qui ſont hors du cours ordinaire, & qui ne peuvent être produites que dans certains temps & dans certaines circonſtances. Car dans nos climats tempérés, la chaleur ordinaire du Soleil d'Été n'éleve notre Thermometre vers

(*a*) Lipſii Epiſt. ad Belg. II. 91.

(*b*) *Voyez* les Mémoires de l'Acad. des Sc. ann. 1706. *p.* 15.

le milieu du jour qu'à 60 ou 70 degrés au-dessus du point de congellation, ou du degré 32, & après midi la chaleur de l'air à l'ombre est environ la moitié de la précédente. Ainsi dans le pays où nous vivons, la chaleur ordinaire du Soleil d'Été est à peu près égale à la chaleur de notre corps, que nous avons trouvé être quelque chose de plus que la moitié de la chaleur de l'eau bouillante (*a*), en supposant que le mêlange de neige & d'esprit de nitre de Fahrenheit, étoit le plus bas degré, ou le commencement de la chaleur. Ainsi la chaleur de l'eau bouillante est seulement de 3 à 4 fois plus grande que n'est ordinairement en Été la chaleur de l'air à l'ombre.

25. Mais dans les climats plus chauds, cette chaleur du Soleil est plus grande, & s'il falloit comparer la chaleur excitée sur la Terre avec les chaleurs excitées sur les autres Planetes, eu égard aux distances respectives du Soleil, nous prendrions la chaleur excitée dans la zone torride comme la véritable quantité de l'influence du Soleil sur la Terre.

(*a*) §. 11.

26. Il faut cependant observer que l'estime que nous avons faite de la chaleur excitée par le Soleil, peut être diminuée par une considération, qui est que la chaleur communiquée aux corps terrestres par le Soleil, dépend de plusieurs circonstances autres que la force directe des rayons, comme de la diverse modification de ces rayons à leur passage par l'athmosphere, de leurs différentes réflexions & combinaisons, en vertu de l'action de la surface de la Terre, circonstances qui contribuent toutes aux effets de la chaleur; & sans le concours de toute ces choses, je douterois que la chaleur du Soleil fût bien sensible. Nous observons que nos chaleurs les plus fortes se font sentir dans les lieux bas où l'athmosphere a le plus de hauteur, & qui sont environnés d'éminences; & quand on monte (*a*) à la cime des mon-

(*a*) *Voyez* Tit. Liv. Hist. XXI. 32. Senec. Nat. qu. IV. II. Bacon. Nov. Org. II. 12. *p.* 169. Borelli *de incend. ætn.* p. 7. 50. Boyle Exp. on Cold. abr. I. *p.* 639. 658. Hist. Of the air. abr. III. *p.* 53. 54. 55. Boerhaave. Chem. I. *p.* 172. 185. 476.

tagnes élevées, on eſt ſaiſi par le froid & l'on rencontre toujours de la neige qui y ſubſiſte depuis une ſuite de ſiecles, quoiqu'elle ſoit expoſée chaque jour à la force directe des rayons du Soleil, & même dans des pays où les rayons ſont dardés perpendiculairement. On ſait que les Académiciens François, dans le voyage qu'ils ont fait à l'Amérique pour la détermination de la figure de la Terre, éprouverent ſur les hautes montagnes qui ſont ſous la ligne même, un froid exceſſif qu'ils jugerent être auſſi violent que celui qui a été obſervé dans la Laponie; tant il eſt néceſſaire aux rayons du Soleil pour animer leur force & les rendre propres à échauffer les corps terreſtres, de paſſer à travers toute l'étendue de l'athmoſphere, ou d'être aidés par ſa preſſion, par les réflexions de la ſurface de la Terre, & peut-être par la conſtitution particuliere de la partie la plus baſſe de l'athmoſphere.

27. Il y a donc des circonſtances autres que le voiſinage du Soleil, qui peuvent influer ſur la chaleur. Ainſi les forces de la chaleur du Soleil étant entre

elles, toutes choſes d'ailleurs égales, dans la proportion directe des denſités des rayons, ou dans la proportion réciproque des quarrés de leurs diſtances du Soleil, & les diſtances où la Planete de Mercure & la Terre ſont du Soleil étant telles, que la chaleur excitée ſur Mercure à raiſon de cette diſtance, eſt 7 fois plus grande que la chaleur excitée ſur la Terre; les habitans de Mercure éprouveroient une chaleur 7 fois plus grande que nous (*a*), s'ils avoient une athmoſphere qui influât ſur la chaleur de la même façon que la nôtre, & ſi la ſurface de cette Planete étoit diſpoſée comme celle de la Terre. Mais s'ils n'ont point d'athmoſphere, ou s'ils n'en ont qu'une très-petite, comme on le conjecture de notre Lune, ou ſi leur athmoſphere eſt de telle nature qu'elle affecte ſeulement les rayons du Soleil comme ſont les parties élevées de la nôtre, il peut être que la chaleur du Soleil ſur Mercure ſoit auſſi ſupportable que celle ſur la Terre. D'un autre côté, quoique nous reconnoiſſions que ſur les

(*a*) *Voyez* Newt. Princip. III. Prop. 8. Cor. 4. *p.* 406.

Planetes de Jupiter & de Saturne notre eau ſeroit toujours glacée, & nous ſaiſis de froid (*a*), à raiſon de la diſtance du Soleil, il peut être que ces Planetes ayent des athmoſpheres & des ſurfaces tellement diſpoſées, que la chaleur excitée pourra convenir à des animaux & à des végétaux de la même nature & conſtitution que ceux de la Terre.

28. Les Cometes ſont dans des conditions toutes différentes des autres Planetes & nous ne pouvons point leur appliquer les mêmes ſupputations. Leurs orbites ſont ſi excentriques, qu'elles peuvent être affectées très-différemment dans les différentes parties de leurs cours. Mais leurs corps & leurs athmoſpheres peuvent être de telle nature, que la chaleur n'y ſera pas auſſi inconcevablement grande qu'on le ſuppoſe ordinairement. Suivant le ſyſtême de Newton (*b*) ſur les Cometes, la diſtance du Soleil à celle qui parût en l'année 1680 (*c*), priſe au point du pé-

(*a*) Newt. *ibid.* p. 405.
(*b*) *Ibid* p. 508.
(*c*) Pluſieurs croyent que cette Comete étoit la même qui avoit paru l'an 1106. l'an 531. l'an

rihelie, étoit à la distance du Soleil à la Terre environ comme 6 est 1000, ensorte que les chaleurs excitées à raison de ces distances, étoient entr'elles réciproquement comme les quarrés de ces nombres, ou comme 1000000 est à 36 comme 28000 est à 1. Ainsi en supposant que la chaleur de l'eau bouillante est trois fois plus grande que la chaleur du Soleil d'Été, & que la chaleur du fer rougi est 3 ou 4 fois plus grande que la chaleur de l'eau bouillante, il en résulteroit que la chaleur excitée sur cette Comete étoit au moins 2000 fois plus grande que la chaleur du fer rougi. Excès prodigieux que je ne conçois pas qu'aucun corps pût supporter malgré nos modifications, à moins qu'il ne fût d'une densité immense & infiniment plus fixe qu'aucun

44. avant J. C. &c. *Voy.* Newt. Princip. *p.* 501. Halley, Synopſ. of Comet. sur l'Astron. de Gregor. *p.* 901. 902. 903. Whiston Newtheor. of the earth. *p.* 187. 191. &c. Mais M. Cassini pense différemment, & il prétend que cette grande Comete, qui allarma l'Europe, n'étoit pas aussi excentrique ni aussi proche du Soleil qu'on le supposoit. *Voyez* les Mem. de l'Acad. des Sciences. 1731. *p.* 464. — 468.

corps terreſtre que nous connoiſſions ; car on peut ſuppoſer qu'à l'exemple de l'eau (*a*) tous les corps ſont ſuſceptibles, à raiſon de leurs différentes denſités de tel ou tel degré de chaleur au-delà duquel le feu, quoique ſa force augmente, ne leur en communique plus, & peut ſeulement les volatiliſer & les diſſiper en vapeurs. Il faut faire attention que le calcul que nous venons de faire, eſt fondé ſur la ſuppoſition que la Comete étoit de même nature que la Terre, & entourée d'une athmoſphere ſemblable à la nôtre ; autrement l'analogie n'auroit point lieu, & l'on ne pourroit pas déterminer ainſi l'influence du Soleil ſur cette Comete.

29. Mais s'il étoit vrai, en prenant encore les choſes ſous un autre point de vûe, que la chaleur du Soleil conſidérée en elle-même & dans les effets qu'elle peut produire ſur la Terre & ſur les autres corps planétaires, pourvû toutefois qu'elle ne ſoit point concentrée ou par des verres brûlans, ou de quelqu'autre maniere ; que cette chaleur, dis-je, fût

(*a*) *Voyez* Boerh. Chem. I. *p.* 265. 248.

beaucoup moindre qu'on ne la ſuppoſe communément? Et peut-être tandis que nous ſommes portés à attribuer au Soleil toutes les chaleurs que nous obſervons dans les corps terreſtres, n'y a-t-il dans le fond qu'une très-petite part, ſurtout ſi nous faiſons attention à une autre ſource de chaleur, dont on a ſouvent parlé dans les théories de la Terre (*a*), mais que l'on n'a pas encore auſſi clairement développée que je le voudrois. Nous avons déja obſervé que les corps terreſtres conſervoient un grand fonds de chaleur même lors des plus grands froids. D'un autre côté, tout le monde ſait que dans les mines & dans les autres lieux creuſés ſous terre, l'air eſt chaud, ou du moins fort tempéré. Les obſervations faites à Paris dans les caves de l'Obſervatoire, nous

(*a*) *Voyez* Empedocles dans Plutarch. *de Prim. Frigid.* p. m. 507. Deſcartes, Princ. Phil. IV. 3. Burnet, Theor. of the earth. I I I. 6. Wodward, Eſſ. Nat. Hiſt. of the Carth. *p.* 135 — 162. 220 — 225. Nat. Hiſt. &c. Illuſt. &c. Introd. *p.* 136. 140 — 143. 149 — 152. Wiſthon Newtheor. &c. *p.* 78. 231. 234. 447. Gaſſendi Epicur. Philoſoph. I. *p.* 546. &c.

font voir qu'à 90 pieds sous terre, qui est la profondeur de ces caves, la chaleur éleve le Thermometre au degré 53, & cela indépendemment de l'action du Soleil, puisque l'on n'y a observé aucun changement, ni pendant les chaleurs les plus brûlantes, ni pendant les froids les plus vifs que l'on ait éprouvé dans ce pays-là. M. Boyle (*a*) avoit observé la même température inaltérable dans une caverne très-profonde. Et l'on rapporte (*b*) qu'à de plus grandes profondeurs on a éprouvé des chaleurs même incommodes, & qui croissoient à proportion que l'on descendoit plus bas; quoiqu'il fût à désirer que ces chaleurs eussent été mieux constatées & mesurées avec plus de régularité qu'elles ne le sont. Ainsi il paroît que les corps terrestres ont une chaleur indépendante de celle du Soleil, supérieure à toute celle que cet astre pourroit leur communiquer sans l'intervention de l'athmosphere,

(*a*) Mem. Hist. of the air. abr. III. *p.* 54.
(*b*) *Voyez* Boyle, Exp. on Cold. abr. I. *p.* 624. 700. 701. 702. Boerh. Chem. I. *p.* 479. Woodward. Eff. Nat. Hist. of the eath. *p.* 136.

l'athmosphere, & telle qu'à 90 pieds de profondeur sous la surface de la Terre, elle éleve le Thermometre 93 degrés au-dessus de la température du mêlange de Fahrenheit, ou 453 degrés au-dessus du terme reconnu par M. Amontons, pour le premier degré de la chaleur. Cette chaleur est un peu moindre à la surface de la Terre; & au-dessus de cette surface elle décroît très-rapidement, ensorte qu'à une petite hauteur l'air est déja considérablement froid, sur les montagnes élevées, il l'est excessivement, & la chaleur qui lui reste est assez peu augmentée par l'addition de celle du Soleil, surtout si les rayons n'ont été que peu changés par l'athmosphere & par la surface de la Terre.

30. Ce n'est point à nous qu'il appartient de donner l'explication de la cause & des effets de cette chaleur intérieure de la Terre, nous la laisserons chercher à ceux qui ont assez de feu & d'imagination pour inventer des mondes & des théories de mondes. Je remarquerai seulement avec le Chancelier Bacon (*a*),

(*a*) Seq. Chart. *p.* 102.

M. Boyle (*a*) & d'autres, que les températures de l'air dans différens lieux de la Terre ne répondent nullement à ce qui devroit réſulter de leur poſition à l'égard du Soleil; & ſans faire mention de ce qui pourroit paroître moins frappant, je me contenterai de rapporter que dans tout l'émiſphere méridional, les climats ſont plus froids que les climats ſemblables de l'émiſphere ſeptentrional; & qu'à l'Amérique le froid eſt plus grand ſous la même latitude, qu'il n'eſt en Europe ſur l'émiſphere oppoſé; ce qui indique une cauſe de chaleur plus puiſſante que l'action réguliere du Soleil, cauſe inhérente à la Terre, & plus efficace dans certains pays que dans d'autres, mais par tout d'une force conſidérable.

31. L'ingénieux Halley (*b*) a imaginé une hypotheſe très-hardie, de laquelle il s'eſt ſervi pour expliquer entre autres, les irrégularités de la chaleur & du froid des différentes parties de la Terre.

(*a*) Exp. on Cold. abr. I. *p.* 657 — 660. 670. Mem. Hiſt. of the air. abr. III. *p.* 52.
(*b*) Phil. Tranſ. abr. VI. 2. *p.* 41.

Il suppose que l'axe de rotation de la Terre a été différent de celui d'aujourd'hui, & qu'ainsi les froids extrêmes que l'on ressent dans quelques endroits, comme dans le Nord-Oueſt de l'Amérique aux environs de la Baye d'Hudson, peuvent venir de ce que ces pays ont été beaucoup plus septentrionaux, ou plus voisins du Pole qu'ils ne le sont actuellement, & que depuis ce temps il y a des quantités immenses de glace qui ne sont pas encore fondues, & qui réfroidissent l'air à un tel point, qu'il se ressent à peine de la chaleur du Soleil, & qu'après plusieurs siecles il n'en a pas encore été suffisamment échauffé. Suivant la même supposition, ou pourroit dire que la température de certains autres pays, vient de ce qu'ayant été voisins de l'équateur, ils conservent un reste de leur chaleur primitive qui ne s'est pas encore entierement dissipée.

Mais outre que dans une pareille hypothese, ces différens pays approcheroient de plus en plus de la régularité & de l'uniformité avec les autres pays, qui sont d'ailleurs sous la même latitude &

dans les mêmes conditions, la chaleur des corps est si passagere, & celle du Soleil fait des progrès si rapides dans les corps terrestres que je ne saurois concevoir, même en admettant la supposition du changement d'axe, que les différens degrés communiqués primitivement à la Terre par le Soleil, ayent pû être assez durables pour se faire ressentir encore aujourd'hui. Ainsi nous devons attribuer, comme je l'ai dit plus haut, ces irrégularités à un principe intrinseque, dont l'influence a plus d'efficacité dans certains pays que dans d'autres, & plus de puissance par tout que l'influence du Soleil.

32. Et si nous supposons ce principe de chaleur dans les autres Planetes à l'exemple de la nôtre, leurs différentes chaleurs, ou celles des corps qui sont à leur surface, ne dépendront plus uniquement, ni même principalement de l'influence du Soleil, comme les Philosophes Astronômes (*a*) semblent le supposer, &

(*a*) *Voyez* Newt. Princip. *p.* 405. 508. 509. Gregor. Elem. Astron. VI. Propr. 2. 3. 4. 5. 6. Whist. Præt. Math. *p.* 327. 328. Newtheor.

ce principe intrinſeque y aura plus de part que l'addition ſimple de la chaleur du Soleil. Cependant il eſt à croire que la chaleur du Soleil eſt néceſſaire au maintien & à la conſervation de l'autre, quand on conſidere que dans tous les corps qui n'ont point en eux de principe de vie, la chaleur tend naturellement & conſtamment à ſa diminution & à ſa deſtruction.

33. Quoiqu'il en ſoit, nous pouvons conclure de toutes ces conſidérations, que la chaleur du Soleil, & celle qui eſt excitée dans les corps par ſon action, ne ſont point auſſi conſidérables qu'on les ſuppoſe ordinairement (*a*), & que les chaleurs intrinſeques des Planetes peuvent être tellement combinées avec celles du Soleil, que la meſure de chaleur excitée ne ſera ni ſi grande ſur les Planetes plus voiſines du Soleil, ni ſi petite ſur les Planetes plus éloignées, qu'il réſulteroit de leurs différentes diſtances de cet aſtre, à quoi peut concourir encore

&c. *p.* 53. 78. Hugen. Coſmotheor. II. *p.* 694. &c. Derham, *Phyſico-Theol.* p. 171 — 178.

(*a*) *Voyez* Newt. *ibid.* p. 508. Wiſton. *ibid.*

la différente disposition des athmosphe-res ; ensorte qu'il pourra y avoir une grande uniformité à cet égard dans tout le système solaire. Les Cometes elles-mêmes pourront être de telle nature, que leur construction particuliere réparera l'inconvénient de leur excentricité, & de la variation de leurs distances du Soleil.

34. Mais où me laissai-je emporter ? Me voici dans un chemin glissant & enchanté, & je crains bien que l'on ne me reproche de m'être engagé dans les régions chimériques de l'imagination, & de la conjecture où je serois fâché de me fixer. Cependant puisque je me trouve dans un point de vûe si séduisant, je ne le quitterai qu'après avoir fait encore une derniere considération. Faisons abstraction de toutes les autres influences du Soleil sur les Planetes comme de la lumiere, de la gravitation, &c. combien cette addition seule de la chaleur du Soleil, qui se trouve si sagement variée, ne peut-elle pas produire de changemens dans cette autre chaleur naturelle & uniforme des Planetes, pour remplir les

grandes & nobles vûes du maintien & de la vie de leurs habitans ! nous pouvons le voir dans ce qui se passe sur notre globe où la vicissitude des jours & des nuits, de l'Hiver, de l'Été, du Printemps, & de l'Automne, entre autres effets qu'elle produit, maintient l'action & la vie des végétaux & des animaux, qui ne pourroit que languir & s'éteindre, si la chaleur étoit constamment la même. Car tous les corps organiques, depuis le dernier des végétaux jusqu'au premier des animaux, sont dans une oscillation continuelle à l'occasion de l'expansion & de la contraction alternatives de leurs parties solides & fluides.

35. Ainsi, quoique le Soleil ne soit ni l'unique, ni la principale source de la chaleur, il doit en être regardé, pour ainsi dire, comme le *régulateur*, de même que du mouvement & de la vie des habitans de son système. Et les bienfaits que ce grand moteur, ce principe de la vie & de l'activité de la nature répand sur nous, doivent exciter toute notre administration. Le sentiment de ces bienfaits avoit égaré les anciens peuples Payens, jus-

qu'à lui rendre un culte, que plusieurs Peuples de la Terre lui rendent encore. Privés malheureusement des lumieres de la véritable Religion, & de la vraye Philosophie accordées au premier homme, jugeant confusément des choses, éblouis de la splendeur, du pouvoir & des influences sensibles du Soleil, ils s'imaginerent que leurs vies & leurs biens dépendoient uniquement de cet astre bienfaisant, ainsi ils adorerent la créature au lieu du Créateur, & l'ouvrage au lieu de l'Auteur, dont ils avoient totalement perdu la connoissance; & ils ne pouvoient la recouvrer sans le secours de la nouvelle révélation & de la communication nouvelle de Dieu avec les hommes, ou d'une connoissance plus exacte du système de la nature, que celle où les hommes peuvent ordinairement atteindre d'eux-mêmes, & d'une étude profonde des différentes connexions des parties de l'Univers, de leurs dépendances mutuelles, & enfin de la dépendance entiere & universelle du tout, sous la main d'un arbitre & d'un maître infiniment sage & puissant.

IV.

De la chaleur des animaux.

36. C'eſt aſſez parlé de la chaleur céleſte & planétaire, il eſt temps de nous rapprocher de l'homme, & de conſidérer les différens degrés de chaleur des corps terreſtres vivans, autant qu'ils peuvent être ſoumis à la perception & à l'examen de nos ſens. Recherche d'autant plus utile & ſatisfaiſante pour nous que c'eſt celle qui nous touche de plus près.

La chaleur animale eſt infiniment variée, ſoit à raiſon de la diverſité des animaux, ſoit à raiſon de la variété des ſaiſons. Les Zoologiſtes diſtinguent avec aſſez de fondement, les animaux en chauds & en froids, ce qui doit s'entendre relativement à nos ſens. Ils appellent chauds ceux dont la chaleur approche de notre température, & froids ceux dont la chaleur eſt au-deſſous de la nôtre, & fait ſur le toucher une impreſſion qui nous fait éprouver le ſentiment du froid; quoique, ſuivant les ex-

périences que j'ai eu occasion de faire ; la chaleur de tout animal soit, en vertu du principe de vie, plus grande que celle du milieu dans lequel il vit.

37. Si l'on fait attention à la gradation par laquelle, en comprenant tous les corps vivans, on descend depuis les animaux les plus chauds jusqu'à la matiere absolument inanimée, par nuances presqu'insensibles, on sentira qu'il est très-difficile de déterminer le dernier terme de la végétation & les limites entre le premier des animaux & le dernier des végétaux. Dans toutes les expériences que j'ai tentées, je n'ai pû découvrir qu'aucun des végétaux, non plus que la matiere la plus inanimée, acquit en vertu du principe de vie, un degré de chaleur supérieur à celui du milieu environnant, & qui pût être distingué. Il est vrai que comme l'air est beaucoup plus facilement altéré par la chaleur & par le froid à raison de sa moindre densité, il est quelquefois, principalement le matin & pendant la nuit, un peu plus froid que les plantes qui vivent dans ce milieu, & par la même raison, il paroît

souvent un peu plus chaud pendant le jour. Mais aussi-tôt que la chaleur devient constante, la température des plantes répond exactement à celle de l'air qui les environne. « On ne découvre au » toucher, dit le Chancelier Bacon (*a*), » aucun degré de chaleur dans les plantes, soit dans leurs larmes, soit dans » le cœur de leurs tiges ».

Au contraire, tous les animaux, quelque peu que leur vie soit animée, ont un degré de chaleur plus considérable que celui de l'air ou de l'eau où ils vivent. Mais ce qui trompe notre attente, c'est que la famille des insectes qui paroît la plus foible & la plus délicate, est cependant celle qui peut supporter le plus grand froid sans aucun dommage. Il ne leur faut d'autre couvert dans les saisons les plus rigoureuses, que les ouvertures faites aux écorces des arbres & des arbrisseaux, les trous des murs, ou un peu de terre; & plusieurs demeurent entierement nus & exposés à l'air. Dans les grands Hivers de 1709. & 1729. les

(*a*) Nov. Org. II. 12.

œufs des insectes, les nymphes, les aurelies survécurent à la rigueur du froid qui étoit insupportable à tout le reste des animaux (*a*). M. de Reaumur (*b*) rapporte qu'une jeune chenille avoit supporté un froid au-dessous du degré 4; & ce qui est encore plus fort, on voit dans le Journal du voyage des Académiciens François en Laponie (*c*), qu'ils furent tourmentés pendant l'Automne, par une multitude innombrable de différentes sortes de mouches, dont les œufs devoient avoir supporté la rigueur de l'Hiver précédent. J'ai trouvé que les chenilles n'avoient que très-peu de chaleur, environ deux ou trois degrés seulement au-dessus de l'air dans lequel elles vivent.

39. Ainsi la classe des animaux froids est formée par toute la famille des insectes (*d*), hormis les abeilles qui font

(*a*) Boerh. Chem. I. *p.* 287. 415.
(*b*) Mem. de l'Acad. des Sc. 1734. *p.* 257.
(*c*) Maupert. Fig. de la Terre. *p.* 12. *Voyez* aussi Boyle. Exp. of Cold. abr. I. *p.* 661.
(*d*) *Voyez* Bacon, Nov. Org. II. § 11. *p.* 167. § 12. *p.* 186. § 13. *p.* 192. Nat. Hist. *p.* 245.

une exception ſinguliere, & dont la chaleur mérite d'être remarquée. Ce genre d'inſectes où les obſervations curieuſes des Naturaliſtes, ont découvert des choſes très-particulieres touchant leur économie & leur génération, eſt auſſi d'une conſtitution ſinguliere, eu égard à la chaleur, & j'ai trouvé, par des expériences fréquentes, que la chaleur d'un eſſain d'abeilles élevoit le Thermometre qui en étoit entouré au degré 97, chaleur qui ne le cede point à la nôtre.

40. Conformément à ce que j'ai obſervé du commun des inſectes, la chaleur des autres animaux d'une vie foible excede peu la chaleur du milieu environnant. A peine diſtingue-t-on quelque différence dans les moules & dans les huitres, très-peu dans les carrelets, les merlans, les merlus & autres poiſſons à ouies, qui m'ont tous parus avoir à peine un degré de plus que l'eau de mer dans laquelle ils vivoient, & qui étoit, lors de mon obſervation, au degré 41. Enfin, il n'y en a guere plus dans les poiſſons de riviere, & quelques truites que j'ai examinées étoient au degré 62,

pendant que l'eau de la riviere étoit au degré 61 (*a*). Les poiſſons peuvent vivre à un degré de chaleur un peu au-deſſus du point de la congellation ou du degré 32 de notre Thermometre.

41. Suivant le réſultat de pluſieurs expériences, j'ai trouvé que les limaçons étoient environ deux degrés plus chauds que l'air; les grenouilles & les tortues de terre m'ont parû avoir quelque choſe de plus, & environ 5 degrés de plus que l'air qu'elles reſpiroient. Je ſuppoſe que c'eſt-là l'état de tous les animaux dont le poumon en apparence eſt comme une ſeul veſicule, & ſur ce pied la chaleur de leur ſang n'excede guere celle des poiſſons à ouies. Tels ſeront les crapauds, les tortues de mer, les viperes & toute la claſſe des reptiles qui ont les poumons de la même ſorte, & ſont d'une ſemblable conſtitution. La plûpart de ces animaux ne ſont point en état de ſupporter de grands froids, &

(*a*) J'ai auſſi examiné la chaleur d'une carpe & celle d'une anguille, & j'ai trouvé qu'elles excédoient à peine la chaleur de l'eau où ces poiſſons vivoient, & qui étoit au degré 54.

pendant l'Hiver ils se retirent dans leurs trous où ils peuvent être à la température de 48 degrés ou environ. La force de leur principe de vie est alors fort diminuée (*a*), & la dissipatiou de leur substance l'est à proportion (*b*). Je pense que l'on peut dire la même chose des irondelles & des autres especes d'oiseaux dormeurs, plus chauds à la vérité que les animaux dont nous venons de parler, & faisant même partie de la classe des chauds, mais qui dans leur état d'inaction sont probablement beaucoup plus froids que dans le temps de leur vie active.

42. Pour ce qui est de la classe des animaux chauds, il y a des différences dans leur chaleur à raison des différentes saisons, des diverses especes, & des circonstances qui accompagnent chaque espece. En général, leur chaleur est d'une étendue considérable. Ils sont affectés

(*a*) *Voy.* Harv. *de motu Cord. IV.* p. 28. XVII. p. 65. Lister de Cochl. *p.* 164. de Bucc. *p.* 246. 251.

(*a*) *Voy.* Phil. Transf. abr. II. *p.* 825. Lister de Cochl. *p.* 163. 165.

tout comme les autres corps par les diverſes températures du milieu environnant ; & par conſéquent ſont ſenſibles à la variété des ſaiſons & des climats lorſqu'ils ne ſont point à l'abri de leurs influences. Et lorſqu'ils n'en ſentent point les impreſſions, leur chaleur extérieure eſt alors à peu près la même que l'intérieure. Cependant il y a preſque toujours quelque différence entre ces deux chaleurs dans les différens animaux.

43. M. Boerhaave (*a*) regarde la chaleur des animaux chauds comme un état naturel aſſez uniforme, ou le même dans tous les animaux, & il trouve qu'une pareille chaleur éleve le Thermometre au degré 92 ou 94 tout au plus. Suivant le Docteur Pitcairn (*b*), la chaleur de la peau du corps humain eſt à un degré qui revient au 92me de notre Thermometre. M. Amontons (*c*) trouve après pluſieurs expériences

(*a*) Chem. I. *p.* 192. 207. 213. 414. 415. 526.
(*b*) Elem. Med. II. 1. §. 26.
(*c*) Mem. de l'Acad. des Sciences. 1703. *p.* 235. 243.

expériences que la chaleur du corps humain porte son Thermometre aux degrés $58\frac{2}{12}$, $58\frac{5}{12}$, $58\frac{6}{12}$, $58\frac{7}{12}$, $58\frac{9}{12}$ qui reviennent aux degrés 91, 92, 93 de Fahrenheit. M. Newton (*a*) regarde le degré 12 de son Thermometre qui revient au degré $95\frac{1}{2}$ du nôtre, comme répondant à la chaleur extérieure du corps humain & des oiseaux qui couvent. Fahrenheit (*b*) place la chaleur du corps humain au degré 96; & M. Musschenbroek (*c*) dit que c'est à ce degré que s'arrête le Thermometre lorsqu'il est plongé dans le sang tout chaud d'un animal, quoique dans un autre endroit (*d*) il regarde le degré 92 ou 94, comme répondant à la chaleur de notre sang.

44. J'ai fait moi-même avec beaucoup de soin quelques observations sur ce sujet, qui m'autorisent à dire que les déterminations précédentes sont trop générales & sur un pied trop bas, je soupçonne, au moins dans quelques-unes de ces

(*a*) Phil. Transf. abr. IV. 2. *p.* 1. 3.
(*b*) Phil. Transf. abr. VI. 2. *p.* 18. 52.
(*c*) Eph. Ultraj. 1728. *p.* 679.
(*d*) Eff. de Phyf. *p.* 502.

expériences, que l'on n'a pas laissé au Thermometre le temps nécessaire pour recevoir la chaleur entiere, ou peut-être a-t-on pris la chaleur de la main dans le temps qu'elle étoit moindre que celle des autres parties couvertes du corps. Il est sûr que l'espece humaine est dans les derniers rangs de la classe des animaux chauds (*a*), cependant j'ai trouvé par une infinité d'expériences, que ma peau par tout où elle étoit bien couverte élevoit le mercure au degré 96 ou 97; dans quelques personnes, cela va plus haut, & dans d'autres plus bas. L'urine nouvellement rendue & reçûe dans un vase de la même température qu'elle, est à peine d'un degré plus chaude que la peau, & nous pouvons supposer qu'elle est à peu près au degré des visceres voisins. Le Docteur Hales (*b*) trouva que la chaleur de sa peau étoit au degré 54, & la chaleur de l'urine nouvellement rendue au degré 58 de son Thermometre; ce qui revient sur le nôtre aux degrés 99 & 103.

(*a*) *Cæsalp. qu. Perip. V. 6. p.* 132.
(*b*) Veget. Stat. *p.* 59.

45. Cependant l'eſpece humaine n'eſt pas, comme nous l'avons dit, parmi les animaux les plus chauds, & dans les quadrupedes ordinaires, tels que les chiens, les chats, les brebis, les bœufs, les cochons, &c. la chaleur de la peau éleve le Thermometre 4 ou 5 degrés plus haut que dans l'homme, & le porte aux degrés 100, 101, 102, & dans quelques-uns au degré 103, ou même un peu plus haut.

46. La chaleur des poiſſons cetacées eſt égale à celle des quadrupedes, comme le reconnoît M. Boerhaave (*a*), quoiqu'il leur aſſigne ainſi qu'aux autres animaux qui reſpirent une chaleur trop petite, en la limitant au degré 92 ou 93. Ceux qui ont voyagé dans les Indes Orientales (*b*), rapportent que le ſang de la vache de mer eſt ſenſiblement chaud au toucher. M. Richer (*c*) a trou-

(*a*) Chem. I. *p.* 715.

(*b*) *Voyez* Ent. Apolog. &c. *p.* 207. Le Comte, Mem. de la Chine. II. *p.* 343.

(*c*) Duhamel. Hiſt. de l'Acad. des Sciences. *p.* m. 157. Mem. de l'Ac. des Sc. 1666 — 178. VII. *p.* 325.

vé que le ſang du marſouin étoit auſſi chaud que celui des animaux terreſtres. Moi-même j'ai trouvé que la chaleur de la peau du veau marin étoit proche du degré 102, & celle de la cavité de l'abdomen environ un degré plus haut: le tout conformément à ce que nous obſervons dans nos quadrupedes terreſtres, auxquels les poiſſons cetacées reſſemblent entierement pour la ſtructure & la forme des viſceres.

Le Chancelier Bacon (*a*) nous dit que le genre des oiſeaux eſt extrêmement chaud, & il le donne comme une opinion reçûe. Ils ſont en effet les plus chauds de tous les animaux, & ſurpaſſent de 3 ou 4 degrés les quadrupedes ſuivant l'expérience que j'en ai fait moi-même, ſur les canards, les oyes, les poules, les pigeons, les perdrix, les irondelles, &c. la boule du Thermometre étoit placée entre leurs cuiſſes le mercure s'élevoit aux dégrés 103, 104, 105, 106, 107, & dans une poule qui couvoit, j'ai trouvé une fois, à la vérité par cas extraordinaire, une chaleur de 108 degrés.

(*a*) Nov. Org. II. 13. *p.* 193.

48. C'eſt avec moins de fondement que le Savant Chancelier prétend (*a*) que la peau des animaux lorſqu'ils ſont en action eſt plus chaude que leur ſang. Je trouve, au contraire, par toutes mes expériences, ſoit ſur les oiſeaux, ſoit ſur les quadrupedes, que la chaleur des entrailles eſt d'environ un degré plus grande que celle de la peau. Il eſt vrai que j'y ai trouvé quelquefois très-peu de différence, & d'autres fois point du tout. Un Thermometre que j'avois introduit dans un ulcere fiſtuleux ſitué entre les muſcles de la cuiſſe, indiqua une chaleur très-peu ſupérieure à celle de la peau couverte.

49. Comme la circulation eſt fort prompte & fort libre, la chaleur du ſang, des arteres & des veines eſt la même, & cette chaleur n'eſt tout au plus que d'un degré plus grande que la chaleur des entrailles, ou d'environ deux degrés plus grande que la chaleur de la peau, ce qui fait une différence beaucoup moindre que celle qui eſt aſſignée

(*a*) *Ibid.*

par M. Newton (*a*) & par le Docteur Hales (*b*) qu'ils prétendent être de 10 à 11 degrés.

V.

De la chaleur non naturelle des animaux.

50. Ce ſont-là les chaleurs des animaux telles que je les ai trouvées dans mes expériences; mais je ne prétends pas qu'il faille les tenir pour regle conſtante & univerſelle. Outre les variétés qui ſe rencontrent dans les différens individus, la chaleur d'un même animal n'eſt pas toujours égale. Il eſt vrai que dans l'état de ſanté elle varie fort peu, mais les maladies & les accidens extraordinaires peuvent l'altérer beaucoup & la porter plus haut ou plus bas que l'état naturel. Je n'ai point eu occaſion de faire un aſſez grand nombre d'obſervations pour établir quelque choſe de ſûr & de ſatisfaiſant ſur la chaleur des animaux dans l'état non naturel ou de maladie,

(*a*) Phil. Tranſ. abr. IV. *p.* 12.
(*b*) Veget. Stat. *p.* 50. Hæmaſt. *p.* 98.

mais je crois que cette chaleur n'eſt pas auſſi grande dans la fievre qu'on eſt porté à le conjecturer.

51. Tous les Auteurs de Médecine reconnoiſſent unanimement dans les fievres un degré de chaleur brûlant, & l'on nous rapporte (*a*) de l'Empereur Conſtance & de quelques autres, que leur tempérament étoit d'un tel degré de chaleur, que dans l'ardeur de la fievre, ils brûloient en effet les mains de ceux qui les touchoient, mais perſonne ne ſavoit alors meſurer cette chaleur, afin de nous en tranſmettre une Nation diſtincte, entrepriſe dont le ſuccès étoit réſervé à nos ſiecles modernes. L'ingénieux Hales (*b*) prétend que la chaleur du ſang dans les fievres ardentes eſt environ au degré 85 de ſon Thermometre, c'eſt-à-dire, au degré 136½ du nôtre, chaleur trop forte pour qu'aucun animal puiſſe jamais l'acquérir, ou qu'aucun corps vivant puiſſe la ſupporter. M. Boerhaave rapporte (*a*) à ce ſujet, quelques obſervations d'ani-

(*a*) *Voyez* Bacon, Nov. Org. II. 13. *p.* 192.
(*b*) Veget. Stat. *p.* 60.
(*c*) Chem. I. *p.* 227.

maux qui avoient péri très-rapidement dans un air échauffé jusqu'au degré 146, ils étoient morts tous long-temps avant que la chaleur de leurs corps fût parvenue au degré 136, & le Thermometre mis dans leur bouche immédiatement après leur mort, n'indiquoit que le degré 110.

52. D'un autre côté, je ne saurois me persuader que la chaleur de la fievre soit aussi peu considérable, & cependant ses effets aussi dangereux que paroît le penser M. Boerhaave (*a*). Ce grand homme considere avec frayeur le pouvoir qu'il pense qu'elle a de coaguler la limphe, effet terrible qui peut être opéré, selon lui, par une chaleur peu au-dessus du degré 100. Et d'après cette autorité le Docteur Hales (*b*) & le Docteur Arbuthnot (*c*) assurent que la chaleur naturelle du corps humain est fort proche du degré de coagulation. Mais j'ai vû des fievres qui, sans être de la derniere vio-

(*a*) Aphor. *96. 689.* Chem. I. *p.* 343. II. *p.* 352. 353. 378. 213. 357. 358.
(*b*) Hæmast. *p.* 104. 105.
(*c*) Eff. on air. *p.* 114. 211.

lence, ne me laiſſoient pas douter, par l'obſervation de la chaleur de la peau, que celle du ſang ne fût 5 ou 6 degrés au-deſſus du prétendu degré de coagulation, ſans que pour cela il arrivât aucun accident fatal (*a*). J'avoue qu'une telle chaleur ſi elle étoit négligée ou maltraitée, pourroit, ſuivant que l'obſerve Hypocrate (*b*), diſſiper les parties volatiles & aqueuſes, épaiſſir inſenſiblement la maſſe du ſang, & produire ainſi des effets pernicieux ſi elle n'amenoit même la putréfaction. Mais pour coaguler immédiatement la limphe du ſang, ou le blanc d'œuf, j'ai trouvé par des expériences répétées, qu'il falloit une chaleur bien au-deſſus de celle qui pourra jamais être obſervée dans les animaux vivans, & ces

(*a*) J'ai obſervé ſur moi-même, ayant la fievre, que dans la force du paroxyſme, la chaleur de ma peau étoit au degré 106, & par conſéquent mon ſang au degré 107 ou 108. Et ce qu'il y a de remarquable, c'eſt qu'au commencement de l'accès & dans le fort même du friſſon, la chaleur de ma peau étoit de 2 ou 3 degrés plus grande que dans l'état naturel de ſanté.

(*b*) IV. *De Morbis.* XXIII. 23. &c.

substances ne perdent leur fluidité que lorsque le Thermometre est au degré 156 ou environ, qui est un moyen arithmétique entre la chaleur ordinaire du sang humain, ou le degré 99 ou 100, & la chaleur de l'eau bouillante, ou le degré 212.

53. Il n'y a point d'animal, comme nous l'avons dit, qui puisse endurer une pareille chaleur, & outre les dérangemens qu'elle produiroit dans les fluides, je suis sûr que les nerfs ne sauroient la supporter, quand elle n'excéderoit que de peu de degrés la chaleur naturelle du sang. M. Newton (*a*) & M. Amontons (*b*) ont éprouvé que l'on ne peut tenir les mains dans l'eau chaude que jusqu'au degré 108. Mais comme les boules de leurs Thermometres étoient fort grandes, je soupçonne qu'ils n'ont point donné à la liqueur le temps nécessaire pour recevoir toute la chaleur; car j'ai trouvé que je pouvois y tenir les mains & les pieds jusqu'au degré 112 ou 114. Je crois que personne n'iroit guere au-delà,

(*a*) Phil. Transf. ebr. IV. 2. *p.* 2.
(*b*) Mem. de l'Ac. des Sc. 1703. *p.* 236. 244.

à moins que d'avoir la peau calleuſe. Je ne voudrois pas cependant juger du degré de ſenſibilité de tout le corps par les impreſſions faites aux mains, pluſieurs perſonnes les ayant extraordinairement endurcies par le travail & par l'uſage. Un domeſtique de M. Amontons pouvoit les tenir dans l'eau chaude juſqu'au degré 122, & j'ai vû des perſonnes qui manioient librement des choſes que je n'aurois pû toucher ſans me brûler. Les animaux d'un ordre plus chaud peuvent ſupporter une plus grande chaleur que nous, au contraire, les poiſſons & les animaux froids périſſent à un degré de chaleur moindre que celui de notre ſang. On a vû mourir en trois minutes de temps une perche, qui eſt un des poiſſons à ouies les plus vivaces, dans une eau échauffée juſqu'au degré 96 (*a*).

53. Les noms que les hommes donnerent d'abord aux choſes, furent ſouvent tirés de certaines reſſemblances, ſans prétendre exprimer la vraye nature des choſes. C'eſt dans ce ſens que les Mé-

(*a*) Muſſch. Tent. Exp. Acad. Cim. add. *p.* 122.

decins employent ces expreſſions, *fievre ardente*, *inflammation* & d'autres tirées de la nature du feu, & ils ne les regardent, conformément à l'inſtitution primitive, que comme un moyen d'exprimer figurativement les chaleurs extraordinaires des corps, ou la chaleur du ſang portée beaucoup au-delà de ſon état naturel. Cependant il y a des gens qui, paſſant les bornes des expreſſions figurées, & trompés par des théories deſtituées de toute ſorte de fondement, regardent ces choſes comme réelles, & parlent dans le ſens le plus étroit des chaleurs brûlantes du cœur & des autres viſceres, des ébullitions & efferveſcences du ſang, de ſa diſpoſition actuelle à s'enflammer en effet (*a*), & décrivent les effets brûllans de la chaleur, qui ne ſauroient jamais exiſter dans un animal vivant, ainſi qu'on le démontre par des expériences inconteſtables. Il ſemble donc que pour prévenir toute mépriſe, ces façons de parler ne devroient avoir lieu qu'en Poëſie, où l'on peut admettre ſans conſéquence

(*a*) Willis Pham. rat. II. *p.* 22.

les figures hardies & les expreſſions exagérées. Mais quand on traite des ſujets dont la nature & l'importance ne permettent point d'écarts, & qui ont pour objet l'exacte vérité, il faudroit uſer de plus de circonſpection. Et n'eſt-ce pas en impoſer aux ſens & choquer les idées communes, que de parler gravement du foye, comme s'il mettoit le feu à la bile, du cœur, comme s'il faiſoit bouillir & écumer le ſang, & qu'il fût brûlant comme un fer chaud (*a*), & de repréſenter, ainſi que font d'autres, l'eſtomach comme une marmite qui cuit nos alimens (*b*).

54. Nous avons vû qu'il eſt très-rare que la chaleur du ſang des animaux ſoit portée au-delà de la température naturelle, & que nous ne ſaurions ſoutenir un grand excès de cette nature, ſoit dans

(*a*) Abu jaafar ebn tophail Philoſ. Autodid. *p.* 64. Ali Kodoan apud Gom. pereir. Antonian. marg. *p.* 326. 770. Columb. de re anat. XIV. *p.* m. 477. 481. Diemmerb. Anat. II. 6. Deſcartes, de Meth. *p.* 29. de Hom. *p.* 8. de Form. Fæt. §. 18. 72. de Paſſ. I. 8. 9. Epiſt. I 52.

(*b*) *Hipp. apud Celſ. Med. Præf.* p. Stukely of the ſpleen. *p.* 35.

dans notre chaleur intérieure, soit dans la chaleur du milieu qui nous environne. Nous sommes beaucoup moins sensibles à l'excès opposé, & nous supportons un froid beaucoup plus grand, du moins lorsque nous n'en sommes affectés qu'extérieurement ; il y a des exemples remarquables de grands froids endurés sans aucun accident. Nous en éprouvons nous-mêmes dans ces pays-ci d'assez violens, mais qui ne sauroient être comparés à ces froids énormes dont nous avons fait mention, qui se font sentir dans les pays septentrionaux, souvent les animaux en périssent, d'autres fois la violence du froid s'arrête heureusement. Nous savons (*a*) que l'on a trouvé des animaux entierement gelés dans leurs trous, ou dans des morceaux de glace, qui ont été rappellées à la vie par l'éguillon de la douleur, ou par l'impression d'un air chaud. Il arrive souvent d'avoir certaines parties du corps gelées, telles que les mains,

(*a*) Boyle, Exp. on Cold. abr. I. *p.* 671, 673. Quesnay, Econ. ani. *p.* 25.

les pieds, le nez. Mais ce qu'il y a de plus frappant (*a*) c'eſt l'exemple qui a été vû de perſonnes tellement priſes de froid qu'en les plongeant dans de l'eau froide, il ſe formoit une croûte de glace ſur toute la ſurface de leur corps; ce qui prouve que cette ſurface avoit contracté un froid plus grand que le degré 32, & ſi le froid avoit atteint le degré 25, le ſang pouvoit fort bien s'être glacé dans quelques vaiſſeaux. Cependant dans cet état terrible où la mort paroiſſoit inévitable, on a rappellé ces perſonnes à la vie par des traitemens convenables, & employés ſouvent avec ſuccès dans les pays froids. On eſt porté à croire, que dans de pareils cas la chaleur intérieure eſt conſidérablement diminuée, mais je ne ſaurois déterminer juſqu'à quel point on peut ſubſiſter ſans une mort immédiate. Cependant nous pouvons trouver quelques lumieres à ce ſujet dans l'examen de la chaleur des oiſeaux & des autres animaux, qui paſſent l'Hiver dans un état d'inſenſibilité ou de ſommeil.

(*a*) Fabr. Hild. de Gangr. &c. XIII. *p.* 792.

Ce que nous avons dit jusqu'à présent de la chaleur des animaux, suffit pour en prendre une idée générale, nous avons considéré ce sujet avec plus de détail dans un autre Traité (*a*).

Ce qui suit est plutôt un essay de ce qui seroit à faire sur les chaleurs respectives des corps, qu'un Traité complet.

V.

De la chaleur des eaux, des huiles, des sels, suivant leur degrés de fluidité & de consistence.

La consistence & la fluidité des corps sont plutôt des circonstances ou accidens, entierement dépendans du degré de chaleur appliqué aux corps, que des propriétés essentielles & permanentes. Quelques-uns des corps les plus solides peuvent être liquefiés par le feu. Les pierres, les métaux, les sels, &c. peuvent être réduits par des degrés de chaleur plus ou moins grands à l'état de fluidité

(*a*) *De animalium calore.*

fluidité, & persister dans cet état aussi long-temps que subsiste le degré de chaleur qui les y a réduits ; d'un autre côté, les corps qui subsistent ordinairement dans l'état de fluidité peuvent être réduits à l'état de consistence par le froid ou la diminution de la chaleur ; & s'il y a quelques fluides que l'on n'a jamais vûs glacés, on peut l'attribuer avec apparence de raison à la difficulté, ou peut-être à l'impossibilité de les priver entierement de chaleur.

Afin de répandre plus de lumiere sur la doctrine de la chaleur, & de jetter une vûe plus étendue sur l'Histoire naturelle & la Philosophie des corps, nous tâcherons d'établir dans la plûpart les limites de la solidité & de la fluidité, autant que nos propres observations & celles des autres pourront le comporter ; & pour une plus grande uniformité, nous rapporterons les degrés de chaleur au Thermometre de Fahrenheit même dans les cas où ces degrés excéderont l'étendue de la dilatation du mercure.

M. Newton (*a*) nous présente une

(*a*) Opt. *p.* 349.

idée ansſi juſte que hardie en définiſſant l'eau, « un ſel fluide, ſans goût, que la « chaleur change en vapeur, & le froid « en glace, laquelle eſt une pierre dure, « fuſible, caſſante, & que la chaleur « convertit en eau ». M. Boerhaave (*a*) conformément à cette idée, appelle l'eau une eſpece de verre qui fond à une chaleur un peu plus grande que le degré 32, qui eſt le milieu entre l'eau & la glace.

Nos liqueurs communes, qui ne ſont autre choſe que l'eau combinée avec les huiles, les ſels & la terre, ſe glacent toutes ou la plûpart à des degrés de froid plus grands ou moindres que le point de la congellation de l'eau commune ou élémentaire.

Les liqueurs animales perdent en général leur fluidité aſſez facilement. M. Boerhaave (*b*) ſemble croire que le ſang ſe glace auſſi promptement que l'eau, ſavoir au degré 32, mais l'expérience fait voir qu'il ſupporte un degré de froid un peu plus grand. Le ſang d'agneau

(*a*) Chem. I. *p.* 399. 614.
(*b*) Chem. II. *p.* 377.

(*a*) ne commence à se prendre qu'au degré 29, & ne se convertit en glace qu'au degré 25. Il y a d'autres animaux dont les liqueurs perdent encore plus difficilement la fluidité. On a observé des insectes qui n'ont perdu la vie, & dont le corps n'a été glacé qu'au degré 20 (*b*), & d'autres qui ont résisté à un froid au-dessous du degré 4 (*c*).

Le lait se glace assez facilement, & je crois au degré 30.

L'urine commune se glace au degré 28, mais si elle est fort imprégnée de sels & d'huiles, elle peut résister un peu plus.

Les liqueurs spiritueuses se glacent plus difficilement que l'eau, & plus elles sont spiritueuses, plus elles supportent un grand froid; souvent il n'y a que les parties aqueuses qui se glacent, tandis que les spiritueuses restent fluides. La petite biere & les petits vins se glacent facilement; & les grands froids de la Moscovie, du

(*a*) Reaumur. Mem. de l'Acad. des Scienc. 1734. *p.* 260.
(*b*) *Ibid.* p. 259.
(*c*) *Ibid.* p. 257. 258.

Groenland, de la Baye d'Hudſon, &c. ont glacé les vins les plus ſpiritueux, comme le Malaga, l'Alicant & les meilleurs vins rouges (*a*). Mais ceux qui ont fait ces obſervations n'avoient point le moyen de meſurer le degré de froid qui produiſoit ces effets, ce que l'on pourroit faire exactement aujourd'hui ſi l'occaſion s'en préſentoit. J'ai trouvé que le vin de Bourgogne, le vin de Bordeaux & le madere ſe glaçoient au degré 20.

L'eau-de-vie elle-même a été convertie en glace (*b*); & l'on obſervoit lorſque le volume de la liqueur étoit un peu grand, que la partie ſpiritueuſe reſtoit fluide au centre du vaſe, comme dans la congellation du vin, & formoit un eſprit de vin ſéparé du reſte; il y a apparence que le froid étoit bien violent pour produire cet effet. M. Muſſchenbroek (*c*) ne put glacer de l'eau-de-

(*a*) *Voyez* Boyle. Exp. on Cold. abr. I. *p.* 594. 607. 609. 610. Scept. Chym. abr. III. *p.* 281. Phil. Tranſ. abr. II. *p.* 152. Merret. Exp. of Cold. *p.* 47. 48.

(*b*) Boyle. Exp on Cold. abr. I. *p.* 594.

(*c*) Tent. Exp. Acad. Cim. add. *p.* 176.

vie avec de la neige, ni avec de la glace pilée. Un mêlange de parties égales d'eau & d'eſprit de vin aſſez rectifié, qui eſt à peu près l'état de l'eau-de-vie ordinaire, ne ſe glaça qu'au degré — 7; un autre mêlange plus foible d'une partie d'eſprit de vin & de 3 parties d'eau ſe glaça au degré 7; enfin un mêlange d'une partie d'eau & de 2 parties d'eſprit de vin ne ſe glaça qu'au degré — 11 (*a*).

L'eſprit de vin de M. de Reaumur ſe glaça à Torneao (*b*) quoiqu'il eût été impoſſible de le faire glacer en France. Nous ne ſavons pas préciſément quel degré du froid produiſit cette congellation, nous pouvons ſeulement aſſurer qu'il n'étoit pas plus grand que le degré — 34, & peut-être étoit-il beaucoup moindre. On pourroit facilement le déterminer, ſi l'on inſtruiſoit à ces ſortes d'obſervations des habitans de ce pays-là, où je crois que l'eſprit de vin le plus rectifié, & peut-être l'éther même ſe glaceroient.

(*a*) Reaumur. Mem. de l'Acad. des Scienc. 1734. *p.* 255.

(*b*) Maupert. Fig. de la Terre. *p.* 38.

Le vinaigre, qui est l'effet du progrès de la fermentation & d'une nouvelle combinaison des huiles & des esprits, d'où il résulte une liqueur acide, le vinaigre dis-je, résiste à un froid assez grand, & d'autant plus qu'il est plus fort, ainsi que nous l'avons dit du vin & des esprits ardens. On peut placer environ au degré 28 la congellation du vinaigre commun, mais le vinaigre déphlegmé par la distilation, & appellé communément esprit de vinaigre résiste à un froid beaucoup plus grand; cependant il se glace aussi, soit dans les temps très-froids, comme nous l'apprend M. Boyle (*a*), soit en l'environnant d'un mêlange de glace & d'esprit de nitre. M. Musschenbroek (*b*) a répété l'expérience de M. Boyle (*c*) sur l'esprit de vinaigre, mais il a négligé d'observer ou du moins de nous dire à quel degré de froid il se convertit en glace. Il y en a d'abord une partie qui reste fluide, & qui forme le vinaigre le plus fort & le plus concentré que l'on

(*a*) Exp. on Cold. abr. I. *p.* 593.
(*b*) Tent. Exp. Acad Cim. add. *p.* 175.
(*c*) Exp. on Cold. abr. I. *p.* 590.

puisse imaginer, mais cette partie se convertit elle-même en glace par l'application d'un nouveau mêlange de glace & d'esprit de nitre (*a*), & alors la force de son acidité s'affoiblit considérablement.

Les acides minéraux concentrés perdent difficilement leur fluidité à l'exception de l'huile de vitriol, qui commence à se congeller, ou plutôt à se coaguler en même-temps que l'eau pure. (*b*). M. Boyle (*c*) & le Docteur Merret (*d*) rapportent que dans des expériences faites par un temps très-froid l'esprit de nitre, l'esprit de sel, de vitriol, &c. ne se glacerent point, ces liqueurs ne se glacent pas non plus avec les mêlanges ordinaires, mais Fahrenheit en réïtérant les mêlanges de neige & d'esprit de nitre porta l'intensité du froid au

(*a*) Musschenbr. *ibid.* p. 176.

(*b*) *Voyez* Merret, acc. of freez. *p.* 8. *Voyez* aussi Boyle, Abr. I. *p.* 396. 559. III. *p.* 482. mais il semble que cette liqueur perde avec le temps cette disposition à se coaguler.

(*c*) Exp. on Cold. abr. *p.* 596.

(*d*) Acc. of freez. *p.* 17.

degré — 40 qui congella l'esprit de nitre même, & le réduisit en cryſtaux (*a*).

Les liqueurs alcalines paroissent résister au froid avec moins de force, l'esprit volatil tiré de l'urine ou du sang a été glacé en Angleterre (*b*) par le froid naturel, & l'esprit de sel ammoniac retiré avec la chaux (*c*), l'a été par un mêlange de neige & d'esprit de nitre, ce même mêlange a congellé l'esprit de vinaigre & l'esprit de sel affoibli, & a converti en glace d'autres liqueurs acides, mais il n'a produit aucun effet sensible sur l'esprit de nitre.

Le froid naturel a congellé l'eau imprégnée d'une quantité médiocre de sels ordinaires, tels que le sucre, l'alun, le vitriol, le nitre, le sel marin, le verd de gris, l'arsenic, le sel ammoniac, le sel lixiviel (*d*). Mais une dissolution de

(*a*) *Voyez* Boerh. Chem. I. *p.* 164. 165.
(*b*) *Voyez* Boyle, Exp. on Cold. abr. I. *p.* 593. 597. Exp. on Blood III. *p.* 482.
(*c*) *Ibid.* p. 590.
(*d*) Boyle, Exp. on Cold. abr. I. *p.* 590. 593. 596. Merret, *ibid.* p. 4. 5. 7.

sel gemme resta fluide (*a*), & l'huile de tartre par défaillance, ne put être congellée que par un mêlange de neige & de sel (*b*), l'eau de mer se glace, quoique l'on ait dit mal-à-propos le contraire, on en trouve des exemples dans tous les Voyages du Nord (*c*), le Zuyder-See en Hollande est souvent glacé, & la mer Baltique l'est toutes les années. M. Boyle (*d*) a vû glacer de l'eau de mer à Londres même, & moi j'ai trouvé des morceaux d'une glace amere & salée sur nos bancs de rocher où l'eau de la mer avoit croupi, après y avoir été portée par quelque tempête. Mais l'eau entierement soulée de sel ne se glace point facilement (*e*), & les dissolutions des différens sels ont résisté au plus grand froid en Angleterre, & ce qui est plus étonnant, elles résistent même au froid des pays Septentrionaux où l'on rapporte (*f*)

(*a*) Merret. *ibid.* p. 7. 8. 47.
(*b*) Boyle, *ibid.* p. 593. 596.
(*c*) Musschenb. Ess. de Physic. §. 925.
(*d*) Exp. on Cold. *p* m. 147.
(*e*) Boyle, Exp. on Cold. abr. I. *p.* 597. Merret, *ibid.* p. 6.
(*f*) Phil. Transf. abr. II. *p.* 152.

qu'une diſſolution de ſel gris ne s'étoit point glacée. Les ſyrops, qui ne ſont qu'une diſſolution de ſucre, ne ſe congellent qu'à des froids extraordinaires (*a*).

Des huiles.

Les huiles peuvent auſſi être congellées ou du moins coagulées par le froid. Quelques-unes d'entr'elles, comme les réſines, le ſperma-ceti, le ſuif, le beurre, &c. ſubſiſtent ſous une forme ſolide, quoiqu'elles ſoient de la même nature que celles qui ſubſiſtent ordinairement ſous une forme fluide. Et comme ces dernieres ſont inſenſiblement figées par le froid, & liquefiées par la chaleur, on ne ſauroit déterminer les limites entre la conſiſtence & la fluidité dans ces liqueurs, auſſi exactement que dans les fluides aqueux.

Pluſieurs huiles conſervent la fluidité dans de grands froids (*b*). On n'a pas oui-dire que les huiles diſtillées ſe ſoient

(*a*) Merret, *ibid.* p. 52. 53.

(*b*) *Voy.* Boyle, Evp. on Cold. abr. I. *p.* 596. 597. Orig. of heat, &c. abr. I. *p.* 559.

jamais glacées, excepté une fois que M. Boyle (*a*) trouva de l'huile de térébentine commune glacée à la surface. L'huile d'anis se fige & acquiert une consistence de beurre au degré

Il y a des huiles par expression, qui supportent un assez grand froid, telles sont l'huile de lin, l'huile de chenevi, de noix, d'amandes douces (*b*), &c. mais l'huile d'olive se fige & devient opaque dès le degré 43 ou environ. Ces différentes huiles, & même les différentes parties de la même huile se glacent à des degrés de froid différens, ensorte qu'il y a dans une même huile des parties qui conservent la fluidité dans des temps de gelée assez froids.

La cire qui est une huile végétale que les abeilles cueillent sur les fleurs, & qui est spécifiquement plus légere que l'eau, ne perd sa solidité & son opacité qu'au degré 142.

Les résines qui peuvent être regardées comme des huiles végétales se fondent

(*a*) *Ibid.* 597.
(*b*) Boyle, Orig. of heat, &c. abr. I. *p.* 559. Exp. on Cold. abr. I. *p.* 598.

toutes à une chaleur inférieure à celle de l'eau bouillante. La réfine commune acquiert une sorte de fluidité au degré.

On trouve quelques huiles minérales sous la forme de fluides, comme le pétrole, la naphte, &c. mais nous ne savons point à quel degré elles perdent leur fluidité. Il y en a d'autres, comme l'asphalte, le succin, &c. que l'on trouve sous une forme solide, mais qui peuvent être liquefiés par la chaleur.

L'huile de poisson ne se congelle pas facilement (a), & il y a apparence que c'est de celle-là que le grand Olaus (b) nous dit que dans les pays du Nord on en remplit pendant l'Hiver les fossés des places fortifiées, afin de conserver la fluidité à l'eau qui est au-dessous. Mais M. Boyle (c) & le Docteur Merret (d) l'ont vû glacer en Angleterre même.

Les autres huiles animales demandent pour la plûpart une chaleur considéra-

(a) Boyle, Exp. on Cold. abr. I. *p.* 596. 598.
(b) *Ibid.* p. 596.
(c) Exp. on Cold. abr. I. *p.* 596.
(d) Merret, *ibid.* p. 47.

ble pour acquérir la fluidité, tel eſt le beurre. J'ai éprouvé dans le mois de Mai que cette eſpece d'huile animale ſe liquefioit entre le degré 80 & 90, & une fois qu'il étoit dans cet état, il conſervoit une ſorte de fluidité juſqu'au degré 74.

Le lard.

Le ſuif.

Le ſperma-ceti, qui eſt la partie la plus ferme de l'huile du macrocephalus, eſpece de baleine appellée vulgairement dentalé, ſe liquefie au degré

Des ſels.

Nous nous ſommes déja repréſenté l'eau comme un ſel ſans goût fuſible à un très-petit degré de chaleur, nous pourrions de même nous repréſenter les ſels, comme différentes ſortes d'eau qui ſe liquefient à des degrés de chaleur différens.

VII.

De la chaleur qui fond les métaux & les minéraux.

Nous allons maintenant conſidérer

ceux d'entre les corps terreſtres qui, ſi l'on excepte la terre elémentaire, ont la conſiſtence la plus ſolide, & ſont les plus ſuſceptibles de chaleur; ſavoir, les ſubſtances minérales & metalliques. Ces corps ont naturellement la forme ſolide, quelques-uns d'entr'eux ſont liquefiés par des degrés de feu médiocres, pendant que d'autres demandent une chaleur d'une telle intenſité qu'il eſt très-difficile de la réduire au calcul.

Le vif-argent.

Le vif-argent a toujours été mis dans la claſſe des métaux, cependant il eſt ſi éloigné de la conſiſtence des autres métaux, que l'on peut le regarder comme le plus véritable de tous les fluides viſibles & ſenſibles de la nature. Il eſt vrai que par le mêlange de quelques autres ſubſtaces, on peut lui enlever la fluidité, mais lorſqu'il eſt pur & abandonné à lui-même, il la conſerve même dans les froids les plus grands qui ayent été excités par la nature, ou par l'art (*a*).

(*a*) *Voy.* Boyle, Exp. on Cold. abr. I. *p.* 597.

L'étain, le plomb, l'antimoine.

De toutes les ſubſtances métalliques, l'étain eſt celle qui perd le plus facilement ſa conſiſtence, & qui eſt liquefiée par la moindre chaleur. Suivant l'obſervation de M. Newton (*a*), rapportée à notre Thermometre il ſe liquefie au degré 408 $= \left(\frac{71 \times 180}{34} + 32\right)$ les expériences de M. Muſſchenbroek (*b*) placent ce point un peu plus haut, ſavoir au degré 422 $= \left(\frac{109 \times 180}{53} + 32\right)$. Il peut y avoir de plus grandes différences ſuivant les degrés de pureté du métal. Nous obſerverons ici que les déterminations de la chaleur, ſuivant les expériences de M. Newton, approchent beaucoup de la vérité lorſque la chaleur eſt eſt au-deſſous du terme de l'étain fondant, mais celles de la chaleur

Boerh. Chem. I. *p.* 36. 165. Maupert. Figure de la Terre. *p.* 58.

(*a*) Phil. Tranſ. abr. IV. 2. *p.* 2. 4.

(*b*) Tent. Exp. Acad. Cim. add. II. *p.* 21.

au-dessus de ce terme, étant déduites d'une maniere plus précaire, n'ont point la même exactitude.

Le plomb est après l'étain, le métal le plus fusible. Je ne trouve point la même conformité dans les observations qu'on a faites sur ce métal que sur le précédent. Suivant la Méthode de M. Newton, le plomb devroit commencer à se fondre au degré 540 (*a*), & suivant les expériences de M. Musschenbroek, il faut une chaleur qui répondroit au degré 769 (*b*), si la dilatation du mercure pouvoit s'étendre jusqu'à ce point. M. Amontons (*c*) a trouvé que le degré de feu qui fond le plomb, allume la poudre à canon.

Il y a des corps qui, étant combinés ensemble, forment une masse plus solide que celle de chaque corps en particulier, & d'autres, au contraire, dont la combinaison forme une masse qui s'altere facilement; ce qui est contraire à toutes nos spéculations.

(*a*) *Ibid.* p. 2.
(*b*) *Ibid.*
(*c*) Mem. de l'Ac. des Sc. 1703. *p.* 247.

ſpéculations. Tant on eſt éloigné de déterminer la nature & les propriétés des corps indépendemment de l'expérience.

Ainſi le plomb & l'étain peuvent être combinés dans une telle proportion, que le mêlange ſera plus fuſible que l'étain même (*a*). M. Newton trouva qu'un mêlange fait avec 3 parties d'étain & 2 de plomb, ſe fondoit au degré 57 de ſon Thermometre, ce qui revient ſur le nôtre au degré $334 = \left(\frac{57 \times 180}{34} + 32\right)$ (*b*), mais en augmentant la proportion du plomb à l'étain, il falloit, pour fondre le mêlange, un degré de chaleur plus grand que celui qui fond l'étain; & cette proportion étant de 4 parties de plomb & d'une d'étain, le mêlange ne ſe fondit qu'au degré 460 (*c*). Enfin la proportion étant de 5 parties de plomb & d'une d'étain, il fallut un plus grand de-

(*a*) Muſſchenbr. *ibid.* Boerh. Chem. I. *p.* 751.
(*b*) Phil. Tranſ. abr. IV. 2 *p.* 2.
(*c*) *Ibid.*

gré de chaleur pour fondre le mêlange (*a*).

La fusibilité de ces métaux est encore plus augmentée par le mêlange du bismuth, quoique cette substance métallique soit en son particulier moins fusible que l'étain. Celui que Mr. Newton a employé dans les expériences que nous allons rapporter, ne se fondoit qu'au degré 460 (*b*); celui de Mr. Musschenbroek étoit encore plus dur à la fusion.

Suivant M. Musschenbroek (*c*), un mêlange d'étain & de bismuth, lorsque la proportion étoit de quantités égales, se fondoit au degré 283; si cette proportion étoit changée, il falloit pour la fusion un autre degré de chaleur; ainsi lorsqu'il y avoit deux parties d'étain contre une de bismuth, ce mêlange ne se fondoit qu'au degré 334 (*d*), & un mêlange où il y avoit cinq parties d'étain contre trois de bismuth, se figeoit à ce mê-

(*a*) *Ibid.*
(*b*) *Ibid.*
(*c*) *Ibid.*
(*d*) *Ibid.*

me degré (*a*) ; si l'on diminuoit encore la quantité proportionnelle de bismuth, la chaleur requise pour la fusion devenoit plus grande, & approchoit davantage de celle qui fond l'étain. La proportion étant de huit parties d'étain contre une de bismuth, ce mêlange ne se fondoit point avant le degré 392 (*b*).

Suivant M. Newton, la chaleur qui fondoit le plomb étant de 540 degrés, & celle qui fondoit le bismuth de 460, ces deux substances mêlées ensemble & par égales parties, se figerent justement au degré 334 (*c*), & par conséquent le mêlange ne demandoit pour se fondre qu'un degré tant soit peu plus grand.

Le mêlange de ces trois substances est encore d'une plus grande fusibilité ; M. Homberg (*d*) avoit proposé pour les injections anatomiques un pareil mêlange fait de parties égales de plomb, d'étain & de bismuth qui se fondoit à une chaleur si légere, qu'elle ne brûloit point le

(*a*) *Ibid.*
(*b*) *Ibid.*
(*c*) *Ibid.*
(*d*) Mem. de l'Acad. des Scien. 1697. p. 235.

papier. M. Newton (*a*) trouva des proportions qui faiſoient encore un meilleur effet, en ſorte que le mêlange ſe fondoit à un degré de chaleur qui excédoit peu celui de l'eau bouillante. Ces proportions étoient de deux parties de plomb, trois parties d'étain & cinq parties de biſmuth, le mêlange ſe figeoit juſtement au degré de l'eau bouillante (*b*), ainſi il devoit ſe fondre à un degré tant ſoit peu plus grand. Un autre mêlange fait d'une partie de plomb, quatre parties d'étain & cinq de biſmuth ſe fondoit au degré 246 (*c*).

Le régule ou la ſubſtance métallique qui entre dans la compoſition de l'antimoine conjointement avec le ſoufre, demande une très-grande chaleur pour entrer en fuſion. M. Newton (*d*) a obſervé que le régule martial, c'eſt-à-dire le régule ſéparé du ſoufre par l'intermede du fer, ſe figeoit au degré 805, & par conſéquent ne ſe fondoit qu'à un degré tant ſoit peu plus grand; mais ce régule étant

[*a*] *Ibid.*
[*b*] *Ibid.*
[*c*] *Ibid.*
[*d*] *Ibid.*

mêlé avec de l'étain ou du bismuth devenoit plus fusible, & un pareil mêlange fait de parties égales d'étain & de régule se fondoit au degré 635 (*a*); un autre fait de cinq parties de régule & d'une d'étain se figeoit au degré 752 (*a*), de même qu'un mêlange de deux parties de régule & d'une de bismuth (*a*), lequel devenoit plus fusible lorsqu'on augmentoit la quantité de bismuth, en sorte qu'un mêlange fait de quatre parties de régule & de sept parties de bismuth ne se figeoit qu'au degré 635 (*a*).

On voit par ces expériences que le régule d'antimoine communique à l'étain & au bismuth une nouvelle force pour résister au feu, & cette force excede même la quantité proportionnelle qui devroit résulter du mêlange. Cependant lorsqu'il est mêlé avec des métaux plus durs à la fusion, il en augmente la fusibilité; ainsi étant joint au fer rougi, il le fait entrer plutôt en fu-

[*a*] Newt. *ibid.*
[*b*] *Ibid.*
[*c*] *Ibid.*
[*d*] *Ibid.*

sion (*a*), & mêlé avec d'autres métaux il les rend volatils & plus fusibles (*b*).

L'argent, l'or, le cuivre, le fer.

Les métaux durs tels que l'argent, l'or, le cuivre & le fer demandent une chaleur d'une plus grande intensité pour perdre leur consistence & entrer en fusion, & avant que d'être réduits à cet état nous observons en eux un changement remarquable qui les fait paroître lumineux, alors nous savons qu'ils sont pénétrés par une quantité de feu qui excede de beaucoup les chaleurs ordinaires, & dont plusieurs auteurs ont tâché de déterminer le degré.

Le Docteur Keill (*c*) assure que la chaleur du fer rougi est seulement sept fois plus grande que la chaleur ordinaire du Soleil d'Été; mais cette chaleur de l'Été est quelque chose d'indéfini, sur-tout de la maniere dont on l'entendoit alors, en sorte que nous ne saurions déterminer le

(*a*) Boerh. Chem. I. *p.* 55. II. *p.* 511.
(*b*) *Ibid.* I. *p.* 37. 38.
(*c*) Exam. of Burn. Theor. *p.* 156.

degré correſpondant à la chaleur aſſignée au fer rougi par Mr. Keill, quoique je ſoupçonne que cette idée lui étoit venue d'après ce que Mr. Newton penſoit à ce ſujet.

C'eſt ce grand homme qui a le premier fait des expériences pour la détermination des degrés de la chaleur; ce qu'il nous dit dans ſon livre des principes où il reconnoît que la chaleur du fer rougi eſt trois ou quatre fois plus grande que celle de l'eau bouillante (*a*), eſt fondé ſur ces premieres expériences. Preſque dans le même tems le docteur Pitcairn propoſa ce ſujet dans les écoles de Leyde, & je ſuis porté à croire que Mr. Newton lui avoit communiqué les obſervations qu'il rapporte, ſavoir que la chaleur de notre été élevoit l'huile du thermometre au degré $7\frac{1}{2}$, la chaleur de la peau au degré 17, la chaleur de l'eau bouillante au degré 50 ou 52, & que la chaleur du fer étoit trois fois plus grande que ce dernier degré, ce qui répond ſur notre thermométre au degré $572 = (180 \times 3) + 32$.

(*a*) Princip. *p.* 508.

Mais je ne saurois dire sur quel fondement Mr. Newton regardoit le fer rougi comme trois ou quatre fois plus chaud que l'eau bouillante, & je ne conçois pas comment lui ou le docteur Pitcairn (*a*) avoit pû déterminer la dilatation de l'huile de lin correspondante à la chaleur du fer rougi, si ce n'est en imaginant que supposé que l'huile pût se dilater régulierement autant que l'on voudroit sans bouillir, la chaleur du fer rougi la porteroit environ au degré 150 ou 200, c'est-à-dire, qu'elle se dilateroit d'une quantité trois ou quatre fois plus grande que la dilatation produite par l'eau bouillante.

Il est vrai que M. Newton ne donna cela que comme une conjecture; cependant comme il le mit dans la premiere édition de son livre, on l'a laissé dans les deux autres, quoiqu'il eut publié longtems avant qu'elles parussent des expériences nouvelles & une méthode ingénieuse, par laquelle il avoit trouvé que la chaleur du fer rougi étoit beaucoup plus grande qu'il ne l'avoit premie-

(*a*) Elem. Med. II. 1. §. 26.

rement ſuppoſée. Ses recherches, ſuivant le ſort des premiers eſſais, n'avoient point eu d'abord toute la perfection poſſible ; mais comme cette matiere étoit digne d'être approfondie, ſon grand génie lui en avoit découvert les défauts. Il répéta ſes expériences avec plus de ſoin & d'exactitude, & en l'année 1701 il en donna le réſultat à la Société Royale dans un excellent mémoire où nous avons déja puiſé tant d'expériences curieuſes & de belles idées, lequel contenoit une table des degrés de la chaleur déterminés par le moyen du fer rougi & du thermometre d'huile (*a*).

Nous avons déja rendu compte (*b*) de la méthode que ſuit M. Newton dans la déterminaiſon des degrés de la chaleur ; il ne nous reſte qu'à faire mention du réſultat de ſes expériences. Mr. Newton nous apprend (*c*) d'abord que le degré 114 qui revient ſur notre Thermometre au degré $635 = \left(\frac{114 \times 180}{34} + 32\right)$ étoit

(*a*) Phil. Tranſ. abr. IV. 2. *p.* 1. &c.
(*b*) Eſſ. III. §. 3. &c.
(*c*) Phil. Tranſ. *ibid.* p. 3.

le point où les corps échauffés commençoient à luire dans l'obscurité ; on pourroit appeller ce point *le terme lumineux de la chaleur*. Je serois porté à croire par la suite des expériences de Mr. Newton qu'il n'entend parler que du fer dans cet endroit aussi bien que dans ce qu'il dit plus loin de l'état lumineux des corps ; car il est vraisemblable que les différens métaux & les autres substances sont portés à cet état par des degrés de chaleur différens.

Le degré qui vient d'être assigné est très-inférieur à celui qui donne au fer le vrai caractere de fer rougi ; avant que ce métal ait acquis un vif éclat de lumiere dans l'obscurité, il est au degré 752 (*a*), alors même cet éclat n'est point sensible à un foible jour, & ce n'est qu'au degré 884 qu'il commence à luire distinctement au crépuscule immédiatement avant le lever du soleil ou après qu'il est couché (*b*), encore cette lumiere n'est-elle point sensible ou que très-foible au grand jour. Nous trouvons conformément à ce-

(*a*) Newt. *ibid.*
(*b*) *Ibid.*

ci parmi les expériences de M. Muſſchenbroek (*a*) qu'une verge de fer échauffée s'étoit allongée avant de rougir de 276 degrés de ſon pyrometre, ce qui revient ſur notre Thermometre environ au degré $969 = \left(\frac{276 \times 180}{53} + 32\right)$.

M. Newton dit (*b*) que la chaleur d'un petit feu de charbon de terre enflammé ſans le ſecours du ſoufflet & d'un morceau de fer rougi à ce feu étoit au degré 1049 $= \left(\frac{192 \times 180}{34} + 32\right)$ & M. Muſſchenbroek (*c*) rapporte qu'une verge d'acier s'étoit allongée avant que de rougir de 364 degrés de ſon pyrometre, ce qui répond ſur notre thermometre au degré $1095 = \left(\frac{364 \times 180}{56} + 32\right)$ on voit qu'il y a aſſez peu de différence entre les deux obſervations.

M. Newton ajoûte (*d*) que la chaleur d'un petit feu de bois étoit plus grande

(*a*) Tent. Exp. Acad. Cim. add. II. *p.* 47. 48.
(*b*) Phil. Tranſ. *ibid.*
[*c*] Tent. Exp. &c. *p.* 48. 49.
[*d*] Phil. Tranſ. *ibid.*

& pouvoit peut-être aller au degré 200 ou 210 de ſon thermométre, c'eſt-à-dire, ſur le nôtre au degré 1408 = $\left(\frac{210 \times 180}{34} + 32\right)$ & qu'un feu plus grand étoit encore plus chaud, ſur-tout ſi on l'animoit avec des ſoufflets. M. Muſſchenbroek nous dit (*a*) qu'une verge de cuivre échauffée juſqu'à devenir lumineuſe s'étoit allongée de 392 degrés de ſon pyrometre, ce qui répond ſur notre thermometre au degré 1228 = $\left(\frac{392 \times 180}{59} + 32\right)$ or il eſt ſûr que le fer demande un plus grand degré de chaleur pour rougir & pour fondre que le cuivre.

Ce ſujet fournit un vaſte champ à de nouvelles expériences.

VIII.

De la chaleur qui fait bouillir les fluides.

Il ſuffit d'un degré de chaleur modéré & peu ſupérieur à la chaleur animale pour développer dans l'eau des bulles d'air, mais pour faire bouillir cette liqueur il faut une chaleur beaucoup plus

(*a*) Tent. &c. *ibid.* p. 47. 50.

grande ; nous l'avons déja déterminée sur notre thermometre, & nous savons qu'elle éleve le mercure au degré 212, c'est là le terme de la chaleur de l'eau, & dans l'état ordinaire de l'athmosphere elle ne peut point en acquérir davantage ; il en est de même des autres fluides, le point de l'ébullition est le terme de la chaleur dont ils sont susceptibles.

La chaleur de l'ébullition n'est pas sensiblement plus grande dans l'eau de mer que dans l'eau commune ; cependant lorsque l'eau est imprégnée de tout le sel qu'elle peut dissoudre, elle est susceptible d'une plus grande chaleur, & selon Mr. Boerhaave (*a*) une eau pareille ne bout qu'au degré 218.

Une lessive de cendres gravelées ne bout qu'au degré 240 (*b*), & les esprits acides qui ne sont autre chose que de l'eau imprégnée de l'acide des sels sont susceptibles d'une chaleur encore plus grande ; l'esprit de nitre va jusqu'au degré 242 (*c*). Il y a apparence que l'es-

(*a*) Chem. I. *p.* 746.
(*b*) Phil. Trans. abr. VI. 2. *p.* 18.
(*c*) *Ibid.*

prit de sel & les autres liqueurs acides ne lui cedent pas ; l'huile de vitriol qui est le plus fort de tous les esprits acides parvient au degré 546 (*a*).

L'esprit de vin est de toutes les liqueurs celle qui bout le plus facilement, savoir au degré 174 ou 175 (*b*), & l'eau-de-vie commune environ au degré 190 ; cette propriété avoit été depuis long-temps observée par le Chancelier Bacon (*c*).

La ténacité & la cohésion mutuelle des parties de l'huile font que cette liqueur bout beaucoup plus difficilement que l'eau ; « l'huile demande une plus « grande chaleur, & bout plus tard que « l'eau, » dit le Chancelier Bacon (*d*) ; l'huile de térébentine qui est une des huiles les plus subtiles ne bout qu'au degré 560 (*e*) ; les autres sortes d'huiles volatiles acquierent à peu près le même degré de chaleur avant que de bouillir. Dans toutes ces liqueurs l'ébullition con-

(*a*) *Ibid.*
(*b*) *Ibid.* & Boerh. Chem. I. *p.* 168. 745. 746. 749.
(*c*) Hist. Dens. &c. *p*, 46.
(*d*) *Ibid.*
(*e*) Boerh. Chem. I. *p.* 747.

tinuée augmente la chaleur, parce qu'elle dissipe les parties fluides & volatiles, & rend le résidu plus épais & plus dense, par conséquent susceptible d'une plus grande chaleur (*a*).

Les huiles fixes tirées par expression reçoivent une chaleur plus considérable que les précédentes; M. Fahrenheit & M. Boerhaave placent l'ébullition de ces huiles & celle du mercure environ au degré 600 (*b*); l'ébullition continuée augmente de plus en plus leur chaleur jusqu'à ce qu'elles viennent à s'enflammer. M. Musschenbroek nous fournit un moyen de déterminer cette chaleur sans le secours des thermometres, savoir par la dilatation qu'elle produit dans les métaux, & l'on trouve par ce moyen qu'elle est beaucoup plus grande que celle qui est assignée au mercure bouillant. Suivant les expériences de cet Auteur (*c*), la dilatation produite dans une verge de fer par la chaleur de l'huile de navette

(*a*) *Ibid.* & *p.* 748. & Transf. Phil. *ibid.*

(*b*) Fahr. Phil. Transf. *ibid.* p. 18. 52. Boerh. *ibid.* p. 165. 265. 291 747.748. 752. Musschenb. Eff. de Phyf. §. 880. 952. 896.

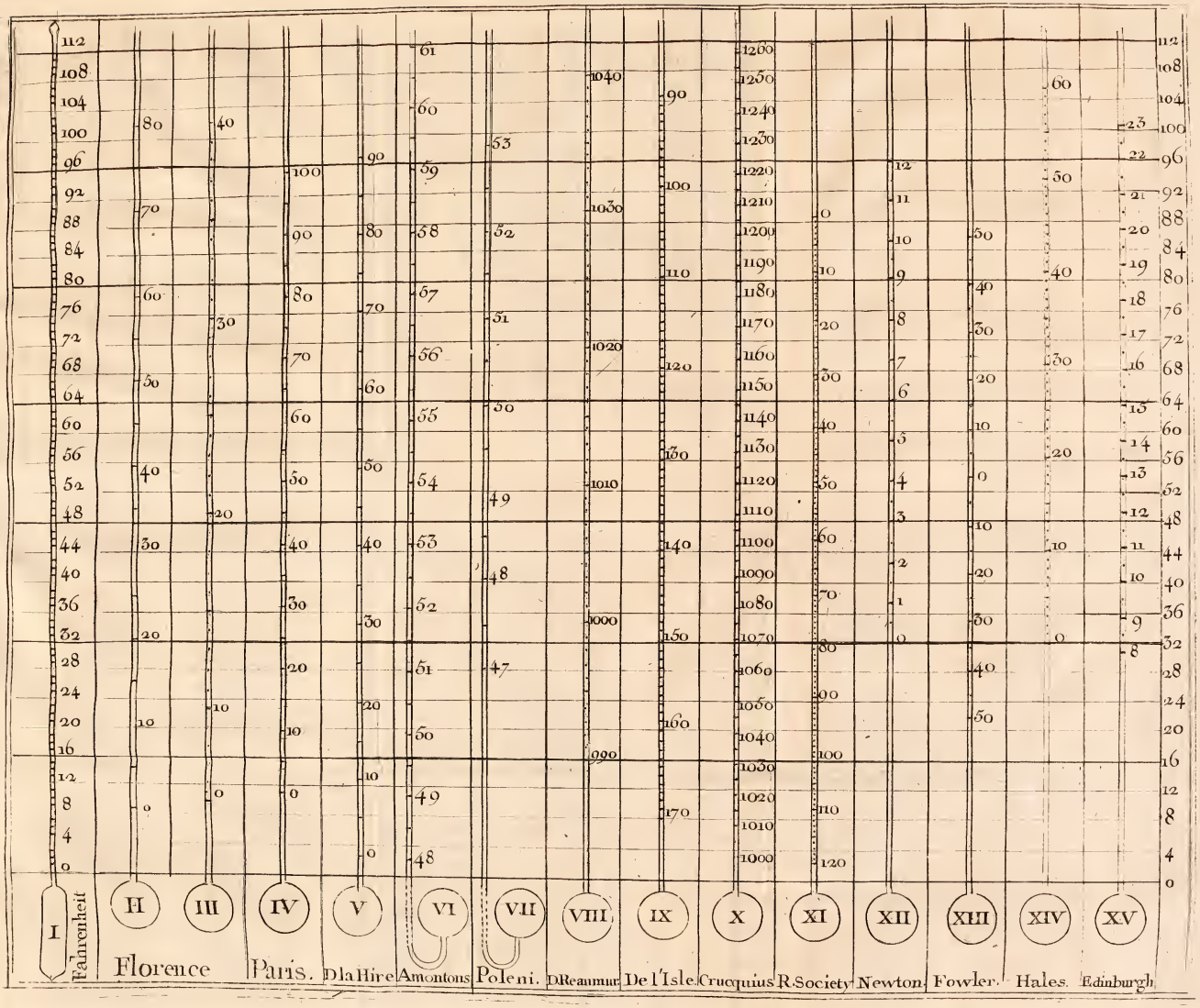
(*c*) Tent. Exp. Acad. Cim. add. II. *p.* 20.

32635
Krauss
10/59

bouillante & prête à s'enflammer, étoit à la dilatation produite dans la même verge par la chaleur de l'eau bouillante, comme 201 à 53, comme 682 à 180. Ainsi supposé que la dilatation du mercure fût d'une assez grande étendue, cette chaleur auroit élevé notre Thermometre au degré $714 = 682 + 32$, & en ne comptant la chaleur, comme M. Newton, que depuis le point de la congellation, elle auroit été $\frac{682}{180} = 3\frac{4}{5}$ près de 4 fois plus grande que celle de l'eau bouillante.

Il se fait dans l'huile, à une chaleur beaucoup moindre, une sorte de crépitation & d'écume, qui est occasionnée par l'expulsion des parties aqueuses ; cette chaleur produisoit dans la verge de fer une dilatation de 120 degrés du Pyrometre, & élevoit notre Thermometre au degré 440. Mais il ne faut point croire que ce terme indéfini soit le véritable état de l'huile bouillante, ou le plus grand degré de chaleur qu'elle puisse acquérir avant que de s'enflammer.

FIN.


I
II
III
IV
V
VI
VII
VIII
IX
X
XI
XII
XIII
XIV
XV
Fahrenheit
Florence
Paris.
D'la Hire
Amontons
Poleni.
D'Reaumur
De l'Isle.
Crucquius
R. Society
Newton.
Fowler.
Hales.
Edinburgh

32586
10/59
Crane

D751
M379e